

Aus dem Institut für Med. Balneologie und Klimatologie
der Universität München
Vorstand: Professor Dr. med. Drexel

Telemetrische Untersuchungen an Kurpatienten in Bad Wörishofen beim Treppensteigen, Gehen, Wasser- treten im Vergleich zur Ergometrie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Christl Pronnet
aus München

1977

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Med. Balneologie und Klimatologie
der Universität München
Vorstand: Professor Dr. med. Drexel

Telemetrische Untersuchungen an Kurpatienten in Bad Wörishofen beim Treppensteigen, Gehen, Wasser- treten im Vergleich zur Ergometrie

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Christl Pronnet
aus München

1977

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität
München

Berichterstatter:	Dipl.-Phys. K. Dirnagl
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. med. H. Drexel
Dekan:	Prof. Dr. med. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	22. 11. 1977



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
EINLEITUNG	1
FRAGESTELLUNGEN	2
LITERATURÜBERSICHT	2
METHODIK UND UNTERSUCHUNGSABLAUF	6
A) Registrierungen	7
B) Belastungsformen	10
I. Treppensteigen	10
II. Gehen	11
III. Wassertreten	11
IV. Ergometrie	12
ERGEBNISSE	13
I. Ergometrie	14
II. Treppensteigen	25
III. Gehen	35
IV. Wassertreten	44
DISKUSSION	54
A) Kritik der Methode	54
I. Meßverfahren	54
II. Auswahl der Kollektive	60
III. Die einzelnen Untersuchungen	60
B) Diskussion der Ergebnisse	61
I. Ergometrie	61
II. Treppensteigen	65
1. Bestimmung der physikalischen Leistung	65
2. Vergleich der Ergebnisse beim Treppensteigen mit denen bei der Ergometrie	65
3. Versuch einer Definition der Herz-Kreislaufleistung in Watt beim Treppensteigen über zwei Stockwerke	70
4. Ist das Treppensteigen als Training für Infarktpatienten einsetzbar ?	72

III. Gehen auf ebener Strecke	73
1. Bestimmung der physikalischen Leistung	73
2. Vergleich der Ergebnisse beim Gehen mit denen bei der Ergometrie	73
3. Versuch einer Definition der Herz-Kreislaufleistung in Watt beim Gehen auf ebener Strecke	76
4. Ist das Gehen als Training für Infarktpatienten einsetzbar ?	77
IV. Wassertreten	78
1. Analyse der Belastung	78
2. Vergleich der Ergebnisse beim Wassertreten mit denen bei der Ergometrie	78
3. Versuch einer Definition der beim Wassertreten erbrachten Herz-Kreislaufleistung in Watt	84
4. Kann das Wassertreten in der Rehabilitation Herzkranker risikolos in den Therapieplan aufgenommen werden ?	85
V. Vergleich der vier Belastungsformen	87
ZUSAMMENFASSUNG	88
LITERATURVERZEICHNIS	90

EINLEITUNG :

Ein Kuraufenthalt hat heute nicht mehr Ruhe und Erholung als alleiniges Ziel, sondern soll durch aktive Therapie dem Patienten die Möglichkeit bieten, den gesamten Organismus zu trainieren und dadurch widerstandsfähiger zu machen. Dem kommt die Konzeption der Kneipp-Behandlung, die den Kurenden aus seiner Passivität locken will, in allen Punkten entgegen.

"Die Kenntnis der Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit des Patienten ist die Voraussetzung zur optimalen Durchführung einer aktiven Therapie. Intensive körperliche Beanspruchung ohne Wissen um die Leistungssituation bedeutet das Risiko einer Schädigungsmöglichkeit, falls der Patient bereits einen organischen Schaden aufweist." (15)

Das Gesagte gilt vor allem für die Gruppe der Infarktpatienten während der Rehabilitationszeit. Nach Empfehlung der WHO tritt an die Stelle der mehrwöchigen Schonung nach Auftreten des akuten Infarktes heute die Frühmobilisation als Standardmethode. Es wird angestrebt, direkt im Anschluß an den Aufenthalt im Akutkrankenhaus ein Frühheilverfahren durchzuführen. (40)

Als Test für die Belastbarkeit des Patienten hat sich in der Praxis vor allem die stufenweise Ergometrie bewährt. Die auf dem Ergometer erreichten Herzfrequenzen reichen jedoch nach STEIN (40) nicht aus für eine Beurteilung bewegungstherapeutischer Übungen. Erst die telemetrische Überwachung des Patienten während der Bewegungstherapie hat eine umfassende Aussage über die Belastbarkeit möglich gemacht. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Ergometrie und Telemetrie kann im Rehabilitationskrankenhaus eine adäquate Übungstherapie für jeden einzelnen Patienten aufgestellt werden. Es liegen jedoch bis jetzt nur vereinzelte Erfahrungen (siehe Literaturübersicht) vor, welchen Wattstufen die alltäglichen Belastungen und die heute üblichen Behandlungsverfahren entsprechen, und ob man ihre therapeutische Anwendung durch objektiv meßbare Parameter kontrollieren und dosieren kann.

Daraus ergeben sich folgende FRAGESTELLUNGEN für unsere Untersuchungen :

1. Kann man folgenden Belastungen ergometrisch bestimmte Wattstufen zuordnen ?
 - a) Treppensteigen
 - b) Gehen auf ebener Strecke
 - c) einer Runde Wassertreten
2. Können die Belastungen therapeutisch eingesetzt werden ?
3. Besteht bei den verschiedenen Belastungsformen ein Unterschied der Kreislaufreaktion zwischen Infarktpatienten und Patienten, die keinen Herzinfarkt in der Anamnese aufweisen ?

LITERATURÜBERSICHT :

In der Literatur findet man zahlreiche Veröffentlichungen über Ergometeruntersuchungen und die Auswirkungen dieser Belastung auf die verschiedensten Körperfunktionen (u.a. 4, 28, 34). Der Versuch, die bei anderen Belastungen telemetrisch ermittelten Befunde mit der Ergometrie zu vergleichen, wurde erst in den letzten Jahren von verschiedenen Autoren (u.a. 17, 21, 32, 38, 41, 43, 49) unternommen. Eine Auswahl sei hier angeführt :

SCHMIDT (32) zeigt, daß bei 17 Infarktkranken die zum Erzielen eines kardiovaskulären Effekts angestrebte Herzfrequenz von mindestens 130 Schlägen pro Minute bei "normalem" Spazierengehen sowie bei einer Ergometerleistung von 50 Watt nicht erreicht wird. Treppensteigen über zwei Stockwerke und Spazierengehen mit Steigungen hat eine effektive Pulssteigerung zur Folge. An einem Kollektiv von 250 Koronarkranken wird aufgezeigt, daß bei einer Herzschlagfrequenz ab 110 Schlägen/min das Auftreten von Ischämiezeichen im EKG zu erwarten ist.

KÖHLER und LANG (26) beschreiben ihre Erfahrungen mit der telemetrischen Elektrokardiographie in der Rehabilitation Herzkranker. Die orthostatische Belastung des Aufstehens aus dem Bett, das Gehen in der Ebene, das Treppensteigen und das Bergauflaufen im Freien werden als physiologische Belastung angesehen. Die Belastungsstufen 2 bis 4 (2=Gehen in der Ebene; 3=Treppensteigen; 4=Bergaufgehen) sind in Watt genau definierbar.

STEIN (41) führte an 13 männlichen Infarktpatienten zwischen 38 und 61 Jahren folgende Untersuchungen durch : 80 m Brust-, 80 m Rückenschwimmen, Gehen und Laufen (5,28 km/h) in Art eines Intervalltrainings, stufenweise Ergometerbelastung. Die bei den verschiedenen Bewegungsformen telemetrisch gewonnenen Werte wurden mit dem Ergebnis der Ergometrie verglichen. Die Herzfrequenzen beim Schwimmen, Gehen und Laufen lagen wesentlich höher als erwartet; bei 4 Patienten traten bei allen Bewegungsübungen im Gegensatz zur Ergometrie z.T. schwerere Rhythmusstörungen auf. Daraus wird der Schluß gezogen, daß Ergometerleistungen, die für Gesunde beim Gehen, Laufen und Schwimmen angegeben werden, nicht als Vergleichsgrößen für Infarktpatienten gelten.

Derselbe Autor (38) hat auch an 33 Patienten, deren Infarkt durchschnittlich 3 Monate zurücklag, telemetrische Untersuchungen während des Gehens auf ebener Strecke, bei isometrischen Spannungsübungen und bei lockerem Hüpfen während der morgendlichen Gymnastik durchgeführt und mit stufenweiser Belastung auf dem Fahrradergometer bis 75 Watt verglichen. Bereits Gehen auf ebener Strecke führte zu einem Frequenzanstieg auf 100 Schläge/min. Diese Frequenz überstieg die Ruhefrequenz im Mittel um 50 %. Senkungen der ST-Strecke traten bei vergleichbarer Frequenz auf dem Fahrradergometer deutlicher in Erscheinung, Extrasystolen wurden dagegen bei telemetrischer Überwachung des Gehens und der Gymnastik wesentlich häufiger registriert.

STEIN, MATEJ und MÜNKER (43) registrierten bei 20 Patienten, Durchschnittsalter 52 Jahre, die vor 2 bis 12 Monaten einen Infarkt durchgemacht hatten, vor sowie während eines 12-minütigen Saunaaufenthalts, während einer anschließenden Kälteanwendung und in der Erholungsphase fortlaufend das EKG und verglichen die Befunde mit der stufenweisen Ergometerbelastung der gleichen Kranken. Es wird dargestellt, daß Infarkt-rehabilitanden durchaus die Sauna und das anschließende Tauchbad vertragen, wenn sie 75 Watt ohne pathologische EKG-Veränderungen leisten können, und wenn die durch Überwärmung bedingte Tachykardie nicht die Pulsfrequenz bei 50 bis 75 Watt überschreitet.

STEIN, JUNGMAN und GADERMAN (42) nahmen an insgesamt 38 Patienten mit durchschnittlich 3 Monate zurückliegendem Infarkt telemetrische EKG-Registrierungen beim Übergang aus dem warmen Raum in die kalte Winterluft, am Ostseestrand, im Schneesturm und beim kurzdauernden Waten im Wasser von 0 bis $+3^{\circ}\text{C}$ vor. Stenokardische Beschwerden traten in keinem Fall auf. Die Pulsfrequenz nahm in der Kälte etwas mehr zu als der körperlichen Arbeit entsprach. Pathologische Kammerendteilveränderungen wurden intensiviert, waren aber geringer als beim Treppensteigen. Beim Übergang in die kalte Luft traten gelegentlich Extrasystolen auf.

JUNGMAN und STEIN (21) fanden bei Infarktpatienten unter Kältebelastung (Gehen im Haus und Gehen in winterlicher Kälte; stufenweise Ergometerbelastung im Zimmer und im Freien bei -7 bis $+18^{\circ}\text{C}$) bei fortlaufender telemetrischer EKG-Kontrolle keine direkte Wirkung der winterlichen Klimabedingungen auf die Koronardurchblutung im Sinne einer "Kälte-Angina pectoris". Unter Kältebelastung waren die Blutdruckwerte stets etwas höher als in der Wärme.

JUNGMAN (19) berichtet über Kreislaufuntersuchungen vor, während und nach kühlen, indifferenten und Überwärmungsbädern. Alle Parameter (Pulswellengeschwindigkeit, Grundschwingungsdauer, Pulsform, Blutdruck) deuten im kühlen Bad auf eine Tonisierung des Arteriensystems mit verbesserter Regulation hin. Die Kreislaufveränderungen nach dem kühlen Bad halten eine halbe Stunde an.

WÜLFING (49) führte telemetrische Untersuchungen an 36 anamnestisch Gesunden und 2 Hypertonikern im Alter von 19 bis 84 Jahren bei einem standardisierten Bad in der Schwimmhalle (Wassertemperatur 25°) und in der Ostsee (Wassertemperatur 12 bis 20°) durch. Zum Vergleich wurde eine stufenweise Fahrradergometerbelastung bis 75 Watt vorgenommen. Der Autor kommt zu dem Ergebnis, daß Wassertemperaturen zwischen 12 und 20°C keine wesentlich stärkere Belastung für das Herz jüngerer wie auch älterer Probanden bedeuten als Wassertemperaturen von 25°C .

Mit der gleichen Versuchsanordnung untersuchte JENSEN (17) 33 Herzinfarktpatienten im Alter von 32 bis 74 Jahren, deren

Infarkte im Mittel 5,5 Monate zurücklagen. Auch sie konnte keine Abhängigkeit der Belastungsgröße von der Wassertemperatur feststellen. Das Schwimmen in kühlerem wie auch wärmerem Wasser belastet das Herz des Infarktpatienten stärker als die 75 Watt-Ergometerbelastung.

HILLE (14) vergleicht das Herzfrequenzverhalten von 10 gesunden Jugendlichen bei Ergometerbelastung von 5, 10 und 15 mkp/sec (entsprechend ca. 50, 100 und 150 Watt) mit dem beim frei gewählten Gehen auf Wegen von 0, 10 und 18 % Steigung. Die effektive, an der Herzfrequenz ermittelte Gesamtbelastung der Versuchspersonen war beim Gehen bei geringeren physikalischen Leistungsstufen erheblich größer als bei vergleichbarer physikalischer Leistung auf dem Fahrradergometer. Bei 10 mkp/sec können beide Betätigungen als annähernd gleich belastend angesehen werden, während bei Leistungen über 10 mkp/sec die Gesamtbelastung des Körpers auf dem Fahrradergometer größer ist als beim Gehen.

CHRISTMANN (2) untersuchte die Reaktion von 40- bis 60-jährigen Kurpatienten beim Bergaufgehen mit verschiedenen Schrittgeschwindigkeiten. Im Vergleich mit der Ergometrie stellte er eine Interpolationskurve zur Ableitung der Beziehung Watt-Schrittgeschwindigkeit auf. Er gab an, daß es möglich sei, gezielt dosiertes Gehen in das Kurprogramm aufzunehmen.

ZÖLCH und BACHMANN (50) finden bei telemetrischen EKG-Untersuchungen bei klinisch Gesunden und Herzkranken, daß unter körperlicher Belastung mit sympathikoadrenaler Stimulation die Sinusautomatie gesteigert und die Einflußnahme sekundärer Reizbildner gehemmt wird. Ausdruck dafür ist das Verschwinden verschiedenartigster Extrasystolen bei der Belastung, speziell beim Treppensteigen. Das gehäufte Auftreten von Extrasystolen in der Erholungsphase spricht dafür, daß diese rein funktionell begründet sind; die metabolischen Störungen und das morphologische Substrat spielen eine untergeordnete Rolle. Es wird der Schluß gezogen, daß dem Belastungs-EKG und damit auch der EKG-Telemetrie für die Differenzierung in organische und funktionelle Rhythmusstörungen keine diagnostisch verlässliche Aussage zukommt.

METHODIK UND UNTERSUCHUNGSABLAUF :

Im Frühjahr 1975 wurden insgesamt 32 männliche Patienten im Alter von 47 bis 60 Jahren (Durchschnittsalter 52,3) in der Kurklinik für Innere Krankheiten der LVA-Schwaben in Bad Wörishofen (Chefarzt Dr.W.Teichmann) untersucht.

Gruppe 1 enthielt 15 Patienten (Durchschnittsalter 52,7 J.) mit Zustand nach Herzinfarkt. Die Auswahl wurde nach den Einweisungsdiagnosen bzw. aus den Krankengeschichten getroffen. Die meisten Patienten wurden bis zur Ausbelastung probeergometriert, bevor sie in die Untersuchungsreihe aufgenommen wurden. Das durchschnittliche Infarktalter betrug 15,8 Monate; im längsten Fall waren es 65 Monate, im kürzesten 2 Monate. Insgesamt handelte es sich bei 3 Patienten um ein Frühheilverfahren (bis 4 Monate nach Infarktgeschehen), bei 12 Patienten um ein Spätheilverfahren (ab 5.Monat). Bei einem Patienten fanden sich zwei Rezidive in der Anamnese. Die Lokalisationsverteilung war folgende : 4 Vorderwandinfarkte, 9 Hinterwandinfarkte, 1 Schichtinfarkt. Bei einem Patienten war uns die nähere Diagnose nicht bekannt.

Medikamente : 13 Patienten standen wenigstens zeitweise unter Digitalis, 11 bekamen Betarezeptorenblocker, einer ein Antihypertensivum und 10 Patienten Marcumar. Alle 15 Patienten standen unter Medikamenteneinfluß.

Gruppe 2 : In die Vergleichsgruppe wurden 14 Patienten der gleichen Altersstufe (Durchschnittsalter 51,9 J.) aufgenommen. Dabei wurde nur darauf geachtet, daß kein Infarktgeschehen bekannt war. Ausgeschieden wurden ferner Patienten des rheumatischen Formenkreises und solche mit ausgeprägter Hypertonie. Medikamente : 6 Patienten standen unter Digitalis, 3 bekamen Betarezeptorenblocker und 2 Patienten ein Antihypertensivum. 6 Probanden standen unter keiner Herz-Kreislauf-beeinflußenden Therapie.

Bei drei weiteren Patienten mußte die Untersuchungsreihe aus verschiedenen Gründen (Hämorrhoiden, Hernien-Operation, Gallenkolik) abgebrochen werden. Sie wurden nicht in die statistische Auswertung mitaufgenommen.

Alle Patienten wurden mit der in der LVA-Kurklinik üblichen Kombination aus Hydro- und Bewegungstherapie behandelt, wenn nötig ergänzt durch medikamentöse und diätetische Maßnahmen.

Die 29 Patienten der Gruppe 1 und 2 wurden in etwa 7-tägigen Abständen, je viermal während des Kuraufenthaltes bei verschiedenen Belastungen telemetriert. Dabei wurde darauf geachtet, die Untersuchungen bei einem Probanden immer zur selben Tageszeit durchzuführen, um die Einflüsse der Tagesrhythmik möglichst gering zu halten (12, 13).

Wir verwendeten ein 3-Kanal-Telemetriegerät der Firma Hellige.

A) Registrierungen :

1. Tele-EKG : Wir verwendeten eine Ableitung, die wir von SCHADER (30) übernommen haben, da sich bei dieser Anlage der Elektroden (2.ICR rechts und links parasternal, 5.ICR links vordere Axillarlinie) nach seinen Angaben am ehesten Muskelpotentialverzitterungen vermeiden lassen.

Aus dem EKG wurden entnommen :

- a) die Herzfrequenz : Sie wurde mit einem EKG-Lineal über 3 Herzaktionen abgelesen.
 - b) die Anzahl der Extrasystolen : Zur Darstellung der ES wurden zwei Wege gewählt :
 - α) Es wurde die Summe der Extrasystolen bei den einzelnen Belastungsstufen in Form eines Säulendiagramms dargestellt.
 - β) Es wurden für jeden Patienten die ES pro 100 Pulsschläge ausgezählt, und diese Werte über sämtliche Patienten und die vier Untersuchungen gemittelt. (Das ergibt ein $n = 60$ für Gruppe 1 und $n = 56$ für Gruppe 2)
 - c) die ST-Senken : Als pathologisch gewertet und deshalb registriert wurden lediglich horizontale oder descendierende ST-Senken $\geq 0,10$ mV. Es wurden jeweils mehrere Senken ausgemessen und die Werte gemittelt.
2. Atemfrequenz : Sie wurde mit einem Thermofühler in der Nase gemessen, der auf die Temperaturdifferenz zwischen eingeatmeter und ausgeatmeter Luft anspricht. Die Auswertung erfolgte durch Auszählen der Atemzüge pro Minute.

3. Volumenpuls der arteriellen Endgefäße des linken Zeigefingers : Er wurde mit in die Untersuchung aufgenommen, um der entscheidenden Bedeutung der Kenntnis von der Beschaffenheit des peripheren Kreislaufs (48) Rechnung zu tragen. Wir verwendeten einen Druckaufnehmer nach Boucke-Brecht. Um die Bewegungsanfälligkeit des Instrumentes auf ein Minimum zu senken, wurde der linke Zeigefinger mit einer Schiene ruhiggestellt. Der Volumenpuls konnte nicht telemetrisch übermittelt werden, sondern mit Hilfe eines etwa 7 m langen Kabels.

Aus der Pulscurve wurden folgende Parameter entnommen :

- a) die Charakteristik der Kurve : Dafür erstellten wir eine Skala von 1 bis 5.

1 : sehr gute Dikrotie

2 : gute Dikrotie

3 : mäßige Dikrotie

4 : keine Dikrotie

5 : Volumenpuls nicht beurteilbar

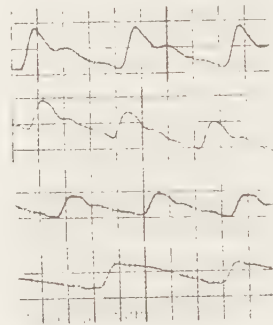


Abb. 1 : Beispiele
für die
Dikrotie

- b) die Verzögerung der Pulswelle in bezug auf das EKG, d.h. die Zeit, bis die Pulswelle die Peripherie erreicht : Sie läßt Rückschlüsse auf die Beschaffenheit der Gefäße zu. Bestimmt wurde sie folgendermaßen : (siehe Abb. 2)
Man fällt das Lot von Punkt A (Beginn der Q-Zacke) auf die Pulscurve. Durch den ansteigenden Schenkel der Pulscurve wird eine Gerade gelegt. Die Strecke BC wird durch 5 geteilt. Als Verzögerungsäquivalent ergibt sich der Abstand zwischen dem Lot und Punkt D. Dieser Wert läßt sich mit Hilfe der Papiervorschubgeschwindigkeit in Zeiteinheiten umrechnen. Bei einem Papiervorschub von 25 mm/sec ergibt sich :
 $1 \text{ mm} = 0,04 \text{ sec.}$

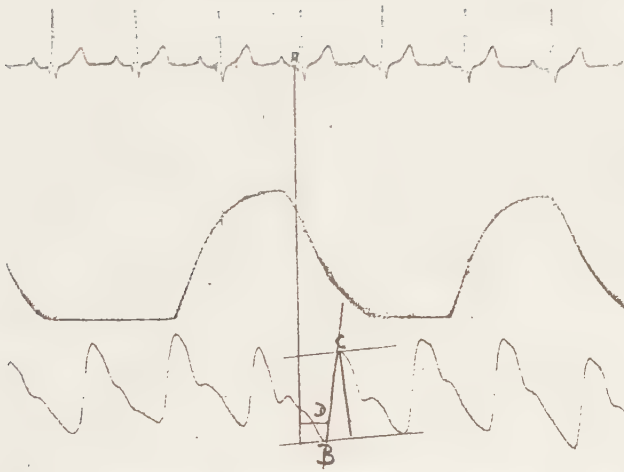


Abb. 2 :
Konstruktions-
skizze zur Be-
stimmung der
Pulswellenver-
zögerung (Papier-
vorschub 25 mm/sec)

Mit dem Multiskriptor EK 26 der Firma Hellige wurden die Meß-
größen 1 bis 3 zeitsynchron auf einen Meßstreifen geschrieben.



Abb. 3 : Registrierungsbeispiel ; Papiervorschub 50 mm/sec

Die Qualität der Kurven war meist zufriedenstellend. Als besonders anfällig auf Störungen während der Belastung erwies sich nur der Volumenpuls.

Zusätzliche Messungen :

4. der Blutdruck nach Riva-Rocci in Ruhe vor und nach den Belastungen (Ausnahme : Wassertreten, Ergometrie) ;
 5. die Raum- bzw. Außentemperatur ;
 6. die Luftfeuchtigkeit im Wassertretraum (dort war auch das Fahrradergometer aufgestellt) ;
 7. die Luftfeuchtigkeit im Freien (Daten von Kaufbeuren 720 m) ;
 8. der Barometerdruck (Bad Wörishofen 630 m hat keine eigene Wetterstation, deshalb wurden die Daten von Bad Tölz 654 m herangezogen) ;
5. und 6. beruhen auf eigenen Messungen; 7. und 8. entnahmen wir den Listen des Wetteramtes München.

Bevor Näheres zu den einzelnen Belastungen zu sagen sein wird, sollen einige allgemeine Bemerkungen zum Untersuchungsablauf vorangeschickt werden :

Vor jeder Belastungsuntersuchung wurden die Ruhemessungen von EKG, Atmung, Volumenpuls und Blutdruck im Stehen vorgenommen. Einzige Ausnahme bildete die Ergometrie. Dort wurden die Ruhewerte auf dem Fahrrad sitzend abgenommen. Zu Ende der 1., 3. und 5. Erholungsminute wurden jeweils dieselben Messungen wiederum am stehenden (bzw. sitzenden) Patienten durchgeführt. Traten bei einem Probanden Extrasystolen auf, so wurde in der Erholungsphase dauernd mitgeschrieben. Bei der folgenden Besprechung der einzelnen Belastungsformen werden die eben beschriebenen Registrierungen nicht mehr erwähnt.

B) Es wurden folgende Belastungsformen ausgewählt :

I. Treppensteigen :

Das Treppensteigen wurde als eine der unumgänglichen Belastungen des täglichen Lebens in das Programm aufgenommen.

Mit dem vorgegebenen Tempo von 80 Schritten pro Minute (elektronisches Metronom) wurden zwei Stockwerke mit je 19 Stufen (=6,40 m Höhe; Stufenhöhe 17 cm; nach 19 Stufen auf dem Treppenabsatz 11 Schritte = 5 m) zurückgelegt. Aus der Tabelle

zur Einstellung der Frequenz beim Master - 2 Stufen - Test ergibt sich ebenfalls 80 Schritte /min für männliche Patienten von 50 bis 59 Jahren mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 70 kg. (24)

Die Probanden konnten sich nicht am Geländer halten, da an dem linken (geländernahen) Arm die Schiene mit dem Druckabnehmer für den Volumenpuls angelegt war. EKG, Atmung und Volumenpuls wurden während der Belastung dauernd mitgeschrieben. Die 5-minütige Erholungsphase wurde erst ab dem Zeitpunkt gemessen, da die Probanden wieder im Erdgeschoß angekommen waren. Während des Treppenabstiegs wurden keine Messungen vorgenommen.

Zusätzliche Messungen :

Temperatur im Treppenhaus (D : 22,9°; max. : 26°; min. : 19°)

Laufzeit (D : 44,9 sec; max. : 55 sec; min. : 30 sec)

II. Gehen :

Die ebene Teststrecke von 195 m Länge wurde im vorgegebenen Tempo von 80 Schritten pro Minute zurückgelegt. Das entspricht in etwa (genau 2,85 km/h) der von STEIN empfohlenen Geschwindigkeit von 2,8 km/h für Infarktpatienten mit geringer Belastbarkeit (39).

EKG und Atmung wurden zusätzlich zu den oben beschriebenen Ruhemessungen beim Start, nach 90, 150 und 210 Sekunden registriert. Der periphere Volumenpuls wurde bei einer 10 m langen gesonderten Gehstrecke aufgezeichnet.

Zusätzliche Messungen :

Schrittzahl (D : 318 Schritte; max. : 360; min. : 291)

Laufzeit (D : 245 sec; max. : 306 sec; min. : 213 sec)

Außentemperatur (D : 10,5°; max. : 22°; min. : 2°)

Barometerdruck (D : 702,5 mmHg; max. : 708,7 mmHg; min. : 693,1)

Luftfeuchtigkeit (D : 81,9 %; max. : 100 %; min. : 34 %)

III. Wassertreten :

Diese Belastungsform wurde als die wohl landläufig bekannteste Kneipp'sche Kuranwendung in das Untersuchungsprogramm aufgenommen. Sie stellt eine Kombination aus Hydrotherapie und Bewegung dar. In Bad Wörishofen im allgemeinen weit verbreitet, steht man ihr in der LVA-Kurklinik mit Skepsis gegenüber und nimmt sie nicht in den üblichen Behandlungsplan auf.

An den Wassertretuntersuchungen nahmen 11 Patienten der Gruppe 1 und 13 der Gruppe 2 teil. Es wurde eine Runde im 13^o kalten Tretbecken getreten. Auf der Hälfte der Strecke wurde auf der Stelle getreten und dabei der Blutdruck gemessen. Während der ganzen Belastung wurden EKG, Atmung und Volumenpuls registriert. Der Gesamtaufenthalt im Wasser betrug im Durchschnitt 51,4 sec; bei manchen Patienten bedeutete dies das Erreichen des Kälteschmerzes.

Zusätzliche Messungen :

Laufzeit (D : 51,4 sec; max. : 81 sec; min. : 32 sec)

Schrittzahl (D : 20 Schritte; max. : 32; min. : 13)

Temperatur im Wassertretraum (D : 24^oC; max. : 27^o; min. : 20^o)

Luftfeuchtigkeit im Wassertretraum (D : 66 %; max. : 85 %;
min. : 55 %)

Barometerdruck siehe unter II.

IV. Ergometrie :

Die Ergometrie wurde als die am besten untersuchte und am exaktesten dosier- und reproduzierbare Belastungsform als Vergleichsuntersuchung gewählt. Es wurden auf einem Fahrradergometer der Firma Wilken (Monark) 2 Minuten à 25 Watt (0,5 kp bei 50 Umdrehungen /min), 2 Minuten à 50 Watt (1,0 kp bei 50 U/min) und 2 Minuten à 75 Watt (1,5 kp bei 50 U/min) getreten (4). Diese Belastungen stellten für alle Patienten nach den Vortesten submaximale Arbeitsleistungen dar (35). EKG, Atmung, Volumenpuls und Blutdruck wurden in Ruhe, zu Ende jeder Belastungsminute und in der 1., 3. und 5. Erholungsminute im Sitzen auf dem Ergometer registriert. Um gut auswertbare Ergebnisse für den peripheren Volumenpuls und den Blutdruck zu erhalten, wurden diese am entspannt herabhängenden Arm ermittelt. Traten Extrasystolen auf, oder war bei dem jeweiligen Patienten Verdacht auf Rhythmusstörungen gegeben, so wurde dauernd mitgeschrieben.

Zusätzliche Messungen :

Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit und Barometerdruck im Wassertretraum siehe unter III.

Die Belastungen I - IV wurden an einem Tag immer in der dargestellten Reihenfolge vorgenommen. Die gesamte Untersuchung (I - IV) dauerte in etwa eine Stunde. Bei keinem der 29 Patienten mußte aus einem der bekannten Kriterien (40) abgebrochen werden.

Bei der Besprechung der Ergebnisse wird die Ergometrie als Vergleichsuntersuchung zum besseren Verständnis vorangestellt.

ERGEBNISSE :

Alle dargestellten Ergebnisse verstehen sich, solange nicht ausdrücklich anders vermerkt, als über die Kurdauer gemittelt. In den Fällen, wo sich in den vergleichenden Darstellungen die Pfeile für den mittleren Fehler des Mittelwertes von Gruppe 1 und 2 nicht überlappen, wurde ein t-Test für unverbundene Stichproben angewandt. In diesen Fällen ist der p-Wert angegeben. Er wurde der STUDENT-Verteilung entnommen. Ein p-Wert $\leq 0,05$ wurde als statistisch signifikant gewertet, d.h. als Zurückweisung der Nullhypothese : die Meßwerte der beiden Gruppen stammen aus der gleichen Grundgesamtheit.

In allen Abbildungen gilt folgende Zeichenerklärung :

---1= Gruppe 1 (Herzinfarkt) ; —2= Gruppe 2 (Vergleichsgruppe)

I. ERGOMETRIE :

Bei dieser gleichmäßigen Belastungsform ergaben sich sehr gut auswertbare Telemetriestreifen.

1. EKG :

a) Frequenz :

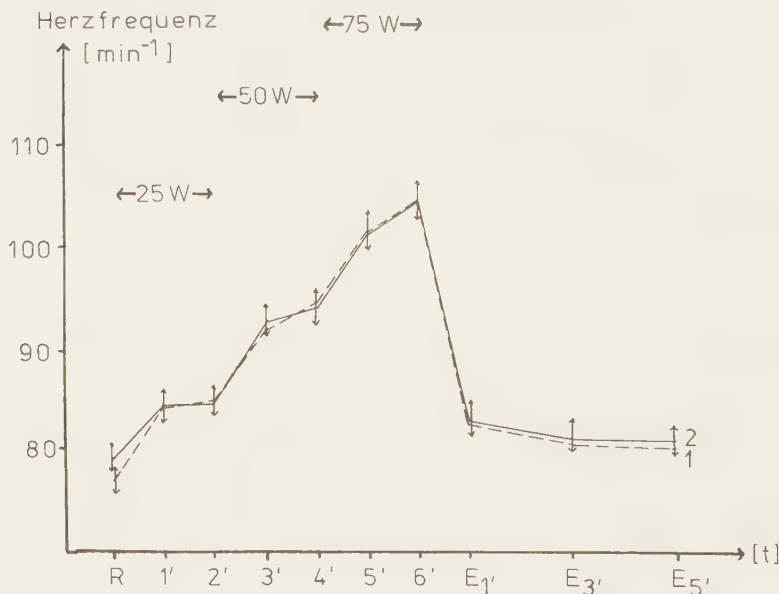


Abb. 4 : Die Herzfrequenz bei der Ergometrie für Gruppe 1 (n = 60) und Gruppe 2 (n = 56)

Die Herzfrequenz steigt mit der zunehmenden Belastung etwa linear an. Zu Ende jeder Belastungsstufe deutet sich das Erreichen eines "steady state" an. Die Abbildung 4 zeigt, daß keine signifikanten Unterschiede zwischen der Gruppe der Infarktpatienten und der Vergleichsgruppe bestehen. Beide Gruppen erreichen bei 50 Watt nach 2 Minuten eine Pulsfrequenz von 94 Schlägen/min, bei 75 Watt nach 2 Minuten eine Pulsfrequenz von 104,5 Schlägen/min. Auch in der Erholungsphase verhalten sich beide Kollektive in etwa gleich.

Bildet man die Differenzen der Belastungswerte minus Ruheausgangswert, so zeigt sich, daß die Gruppe der Infarktpatienten eine minimal höhere Pulsfrequenzzunahme aufweist. (Abb. 5)

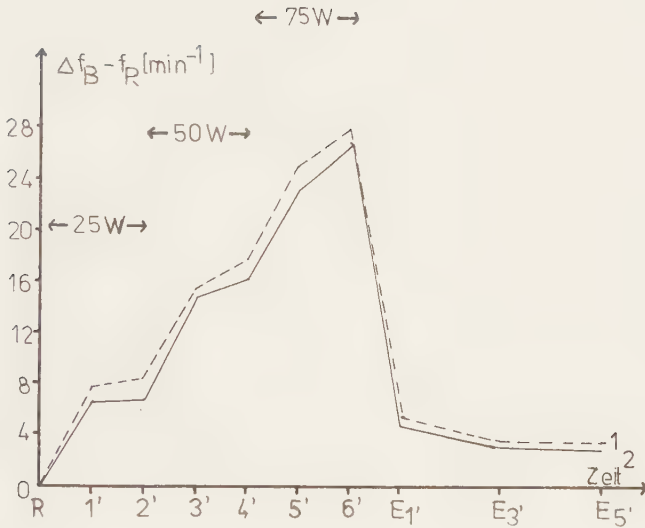


Abb. 5 : $\Delta f_B - f_R$ (f_B = Frequenz bei Belastung; f_R = Ruhefrequenz) während der Ergometrie für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56)

b) Extrasystolen :

In Gruppe 1 (Infarktpatienten) wurden bei 5 von 15 Patienten insgesamt 225 zumeist ventrikuläre Extrasystolen registriert, davon entfielen 185 auf den Patienten 108. Zusätzlich trat bei einem Probanden in der Erholungsphase zweimal eine absolute Arrhythmie auf. (Abb. 6)

In Gruppe 2 (Vergleichsgruppe) wurden bei 3 von 14 Patienten insgesamt 232 Extrasystolen registriert, davon 213 allein bei einem Patienten (012). Bei einem Patienten trat einmal eine absolute Arrhythmie während der Erholung auf. (Abb. 7)

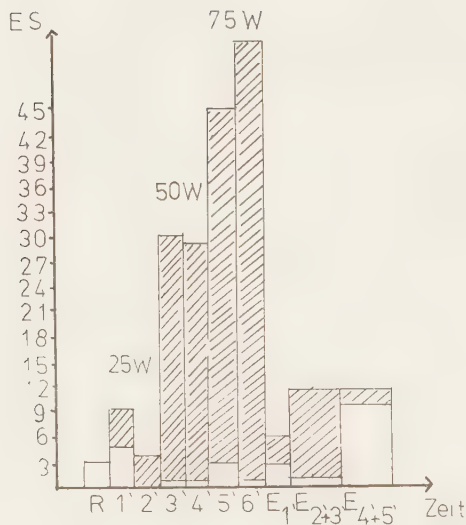


Abb. 6 : Anzahl der Extrasyst.
bei der Ergometrie
für Gruppe 1
▨ = Pat. 108
□ = alle Pat.

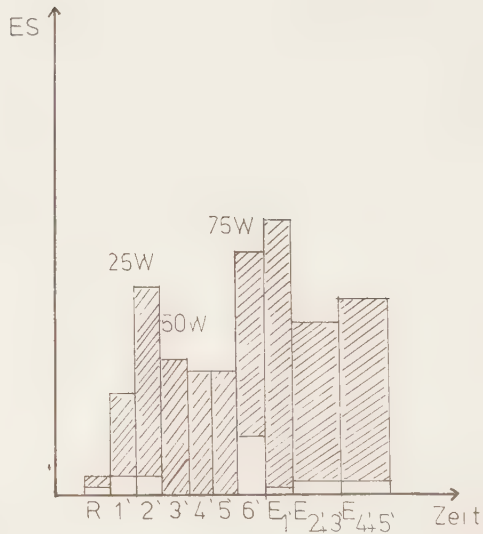


Abb. 7 : Anzahl der Extrasyst.
bei der Ergometrie
für Gruppe 2
▨ = Pat. 012
□ = alle Pat.

Wählt man die Darstellung der Extrasystolen auf 100 Herzaktionen, so fällt der deutliche Unterschied im Kurvenverlauf bei den beiden Gruppen auf (Abb. 8). Die Herzinfarktgruppe zeigt einen steten Anstieg der Prozentzahl bis auf 0,83 % in der 6. Belastungsminute. Auf jeder Belastungsstufe ist eine deutliche Absatzbildung erkennbar. In der Erholungsphase erfolgt sofort ein steiler Abfall der Werte für diese Gruppe. Beim Vergleichskollektiv beobachten wir ein ganz anderes Bild. In der 2. Minute 25 Watt erreicht die mittlere Anzahl der Extrasystolen auf 100 Pulsschläge ihren Höhepunkt, dann sinkt sie ab bis zur 5. Minute. Die 6. Minute liegt wieder höher. Auffallend sind die deutlich erhöhten Erholungswerte bei dieser Gruppe.

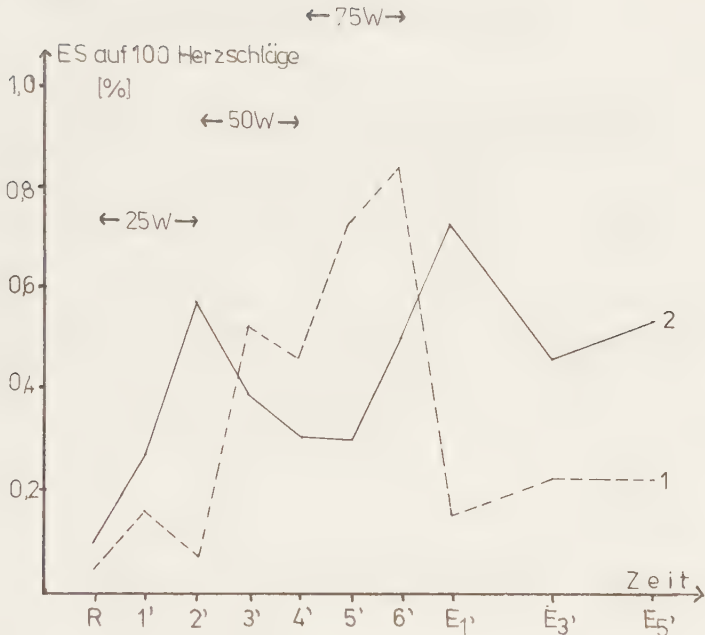


Abb. 8 : Extrasystolen auf 100 Pulsschläge [%]
bei der Ergometrie für Gruppe 1 (n =60)
und 2 (n =56)

c) ST-Senken :

In Gruppe 1 fanden sich bei 5 von 15 Patienten ST-Senken. Während sie bei zwei Patienten schon in Ruhe bestanden, traten sie bei dreien erst unter Belastung auf. Alle diese Patienten standen, zumindest zeitweise, unter dem Einfluß von Herzglykosiden (in Tabelle 1 mit D gekennzeichnet), jedoch fanden sich bei einem Großteil der digitalisierten Patienten keine ST-Senken (8 Patienten, 13 der 15 Patienten dieser Gruppe waren digitalisiert). Bei den Patienten 101 und 107 kann man einen Digitaliseseffekt als Ursache der ST-Senkung ausschließen (siehe Tab. 1).

Tabelle 1 : Pathologische ST-Senken in mV bei der Ergometrie für Gruppe 1 (D = Herzglykosid)

Pat.-Nr.	D	Ruhe	25 W		50 W		75 W		Erholung		
			1'	2'	3'	4'	5'	6'	1'	3'	5'
103	1.Wo			0,10	0,12		0,10	0,10	0,15	0,10	0,10
	2.Wo								0,12	0,10	
	3.Wo	D							0,10		
	4.Wo	D									
105	1.Wo	D	0,15	0,12	0,15	0,18	0,20	0,20	0,15	0,25	0,17
	2.Wo	D	0,17	0,10	0,12	0,18	0,18	0,21	0,18	0,13	0,19
	3.Wo		0,12	0,15	0,12	0,15	0,15	0,15	0,20	0,15	0,10
	4.Wo	D	0,10	0,13	0,13	0,13	0,13	0,18	0,12	0,20	0,18
107	1.Wo	D									
	2.Wo	D									
	3.Wo	D									
	4.Wo					0,15	0,10	0,15	0,10	0,10	
109	1.Wo							0,18	0,15		0,10
	2.Wo	D					0,15	0,13	0,13	0,10	0,10
	3.Wo	D									
	4.Wo	D			0,10	0,10	0,10	0,23	0,13	0,10	
113	1.Wo	D	0,20	0,20	0,22	0,28	0,30	0,30	0,32	0,30	0,23
	2.Wo		0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20	0,10	0,10
	3.Wo	D									
	4.Wo	D	0,32	0,29	0,30	0,32	0,33	0,40	0,40	0,38	0,33

In Gruppe 2 wiesen 4 Probanden ST-Senken auf. Drei davon standen unter Herzglykosideinfluß (siehe Tab. 2). Bei vier weiteren Patienten, die ebenfalls Digitalispräparate einnahmen, traten keine ST-Senken auf.

Tabelle 2 : Pathologische ST-Senken in mV bei der Ergometrie für Gruppe 2 (D = Herzglykosid)

Pat.-Nr.	D	Ruhe	25 W		50 W		75 W		Erholung		
			1'	2'	3'	4'	5'	6'	1'	3'	5'
002 1.Wo	D		0,10	0,17	0,20	0,18	0,18	0,10	0,20	0,20	0,12
2.Wo	D	0,13	0,10			0,10	0,10	0,15	0,18	0,15	0,10
3.Wo	D			0,10	0,10	0,10			0,10	0,10	
4.Wo	D	0,10				0,10	0,20	0,23	0,13	0,10	0,10
004 1.Wo	D							0,10	0,13	0,20	0,12
2.Wo	D	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,18	0,20	0,17
3.Wo	D	0,10			0,10		0,15	0,10	0,10	0,10	0,10
4.Wo	D								0,10	0,15	0,13
012 1.Wo											
2.Wo	D										
3.Wo	D	0,20	0,10	0,10		0,12			0,20	0,20	0,20
4.Wo	D										
014 1.Wo									0,15	0,10	
2.Wo									0,12	0,10	0,10
3.Wo											
4.Wo											

2. Volumenpuls :

a) Charakteristik :

Tabelle 3 : Die Pulswellencharakteristik bei der Ergometrie :

	Ruhe	25 W		50 W		75 W		Erholung		
		1'	2'	3'	4'	5'	6'	1'	3'	5'
Gruppe 1	: 2,5	2,2	2,3	2,1	2,0	2,2	2,1	2,3	2,2	2,0
Gruppe 2	: 2,6	2,1	2,2	2,1	1,9	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9

In Tabelle 3 zeigt sich, daß die Dikrotie bei beiden Gruppen in der 4.Belastungsminute stärker wird, während der weiteren Belastung wieder schwächer. Nach der Ergometrie ergibt sich eine deutlich markantere Pulsform als vorher. Besonders gut reagiert die Gruppe 2 mit einer Differenz von 0,7 zwischen Ruheausgangswert und 5.Erholungsminute. Bei Gruppe 1 beträgt die Differenz 0,5.

b) Pulswellenverzögerung :

Die Pulswellenverzögerung nimmt bei beiden Gruppen während der Belastung ständig gleichmäßig ab, d.h. die Pulswellengeschwindigkeit steigt.

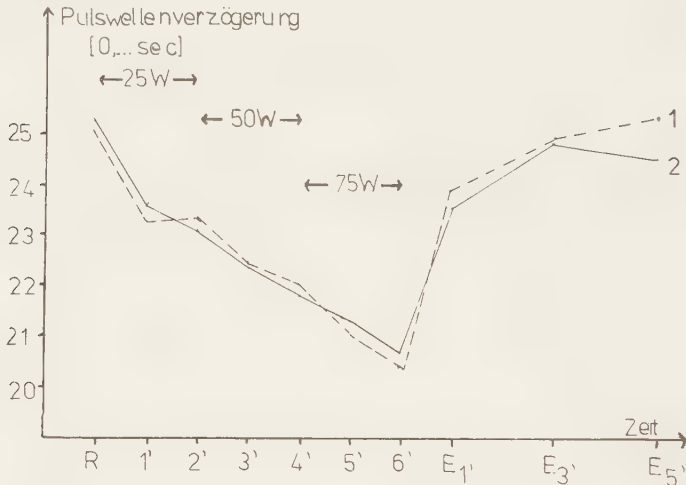


Abb. 9 : Die Pulswellenverzögerung in 0,...sec
bei der Ergometrie für Gruppe 1 (n =60)
und 2 (n =56)

3. Atemfrequenz :

Die Zahl der Atemzüge pro Minute nimmt während der Belastung erwartungsgemäß zu. Der Ausgangs- und die Erholungswerte der Infarktgruppe liegen über denen der Vergleichsgruppe. Eine statistische Auffälligkeit läßt sich jedoch nur für den Ausgangswert ($0,01 < p < 0,02$) und für die Werte der 3. Erholungsminute ($0,01 < p < 0,02$) sichern. (E 1': $0,1 < p < 0,2$; E 5': $0,05 < p < 0,1$) Die Belastungswerte der beiden Kollektive nähern sich stark an. (siehe Abb. 10)

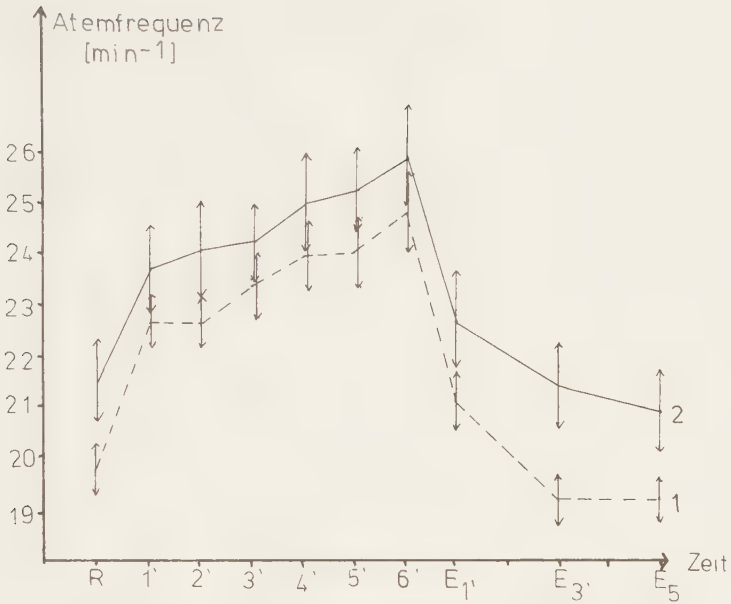


Abb. 10 : Atemfrequenz $[\text{min}^{-1}]$ bei der Ergometrie für Gruppe 1 ($n = 60$) und 2 ($n = 56$)

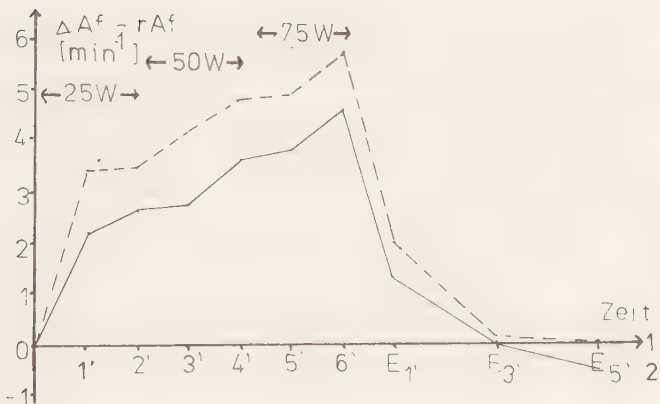


Abb. 11 : $\Delta Af - rAf$ $[\text{min}^{-1}]$ (Af = Atemfrequenz; rAf = Ruhefrequenz) bei der Ergometrie für Gruppe 1 ($n = 60$) und 2 ($n = 56$)

Bildet man die Differenz Atemfrequenz minus Ruhefrequenz, so zeigt sich, daß bei den Probanden der Gruppe 1 der Frequenzanstieg höher ist (Abb. 11)

4. Blutdruck :

Tabelle 4 : Mittelwerte der systolischen und diastolischen Blutdrucke [mmHg] bei der Ergometrie für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56)

	Gruppe 1		Gruppe 2	
	Syst.RR	Diast.RR	Syst.RR	Diast.RR
Ruhe	126,6	86,3	123,1	84,7
1'25 Watt	135,1	89,8	134,6	89,0
2'25 Watt	141,8	90,9	139,6	91,2
3'50 Watt	149,4	91,6	149,2	92,1
4'50 Watt	154,7	92,7	153,0	92,7
5'75 Watt	163,1	95,2	164,4	94,6
6'75 Watt	172,4	96,0	173,8	95,3
Erholung 1'	139,6	87,1	136,4	88,9
Erholung 3'	127,3	87,5	125,7	87,8
Erholung 5'	124,8	88,8	123,7	88,2

Es ergeben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede im Blutdruckverhalten der Gruppe 1 und 2.

Ein vereinfachtes Bild vom Verhalten des Blutdrucks bekommt man durch die graphische Darstellung des Mitteldruckes p_M . Zur exakten Bestimmung von p_M müßte man das Flächenintegral unter der Druckkurve durch die Abszisse (Pulsdauer) dividieren. Der periphere Mitteldruck kann jedoch hinreichend genau berechnet werden nach der Formel

$$p_M = p_D + 1/3(p_S - p_D). \quad (7)$$

p_M = Mitteldruck; p_D = diastolischer RR; p_S = systolischer RR

Abbildung 12 zeigt den nahezu linearen Anstieg von p_M während der stufenweisen Ergometrie. Die beiden Kurven für Gruppe 1 bzw. 2 sind fast identisch.

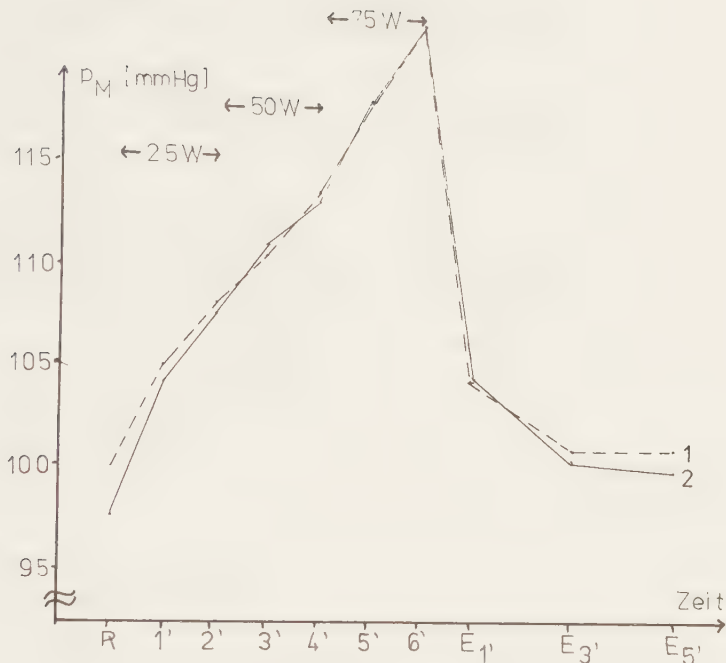


Abb. 12 : Die Mitteldrucke [mmHg] bei der Ergometrie für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56)

5. Herzminutenvolumen (HMV) :

Es berechnet sich näherungsweise zu :

$$\text{HMV} \sim \text{Blutdruckamplitude} \times \text{Herzfrequenz}$$

$$\text{HMV} \sim (p_S - p_D) \times f$$

Ist der Mitteldruck p_M ungleich 100 mmHg, wendet man das "reduzierte Amplitudenfrequenzprodukt" nach LILJESTRAND und ZANDER an.

$$\text{HMV} \sim (p_S - p_D) \times f \times 100/p_M \quad (7).$$

In der Tabelle 5 sind die rechnerisch ermittelten HMV-Äquivalentwerte zusammengestellt. Es zeigt sich, daß das Herzminutenvolumen bei Gruppe 2 schneller und stärker zunimmt als bei der Infarktgruppe. In der Erholungsphase sinkt es bei der Gruppe ohne Infarkt schneller wieder ab.

Tabelle 5 : HMV-Äquivalentwerte bei der Ergometrie für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56)

	Gruppe 1	Gruppe 2
Ruhe	3095,0	3084,9
1'25 Watt	3636,8	3695,0
2'25 Watt	4028,6	3812,3
3'50 Watt	4733,8	4769,0
4'50 Watt	5155,9	5050,3
5'75 Watt	5881,6	6022,0
6'75 Watt	6571,9	6733,1
Erholung 1'	4152,9	3736,7
Erholung 3'	3182,3	3065,1
Erholung 5'	2871,2	2867,5

6. Peripherer Widerstand :

Auch der gesamte periphere Widerstand (W_p) läßt sich als Äquivalentwert schätzen (35).

$$W_p = p/HMV$$

wobei $p = p_M - p_V$. (p_M = Mitteldruck; p_V = Vorhofdruck rechts. p_V wurde wegen der geringen Größe nicht berücksichtigt.)

Der periphere Widerstand gibt Auskunft über die Gefäßveränderung.

Tabelle 6 : Äquivalentwerte des peripheren Widerstandes bei der Ergometrie für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56)

	Gruppe 1	Gruppe 2
Ruhe	0,0322	0,0316
1'25 Watt	0,0288	0,0282
2'25 Watt	0,0268	0,0281
3'50 Watt	0,0234	0,0233
4'50 Watt	0,0220	0,0223
5'75 Watt	0,0200	0,0196
6'75 Watt	0,0185	0,0180
Erholung 1'	0,0252	0,0280
Erholung 3'	0,0317	0,0328
Erholung 5'	0,0315	0,0349

Während der Belastung nimmt W_p kontinuierlich ab. Im Laufe der Ergometrie ergeben sich keine großen Unterschiede zwischen den

beiden Gruppen. In der Erholungsphase liegen die Werte der Gruppe 2 höher als die der Infarktgruppe.

Eine zusammenfassende Wertung der Ergebnisse bei der stufenweisen Ergometrie erfolgt im Diskussteil.

II. TREPPENSTEIGEN :

Bei der Bewegung des Treppensteigens, das nahezu alle Muskeln des Körpers beansprucht, können Störeinflüsse auf das Tele-EKG und vor allem auf den Volumenpuls oft nicht vermieden werden. Es ergaben sich jedoch meist gut auswertbare Kurven.

Da beim Treppensteigen das Körpergewicht einen leicht meßbaren Faktor der Belastungsgröße darstellt, seien an dieser Stelle die Durchschnittsgewichte von Gruppe 1 und 2 aufgeführt (gemittelt über die Zahl der Patienten und den Kurverlauf) :

Gruppe 1 : D = 77,3 kg; max. : 98 kg; min. : 65 kg

Gruppe 2 : D = 75,1 kg; max. : 90 kg; min. : 51 kg

Alle folgenden Ergebnisse stellen Mittelwerte für 15 Patienten bei Gruppe 1 und 14 Patienten bei Gruppe 2 dar. Es werden die Werte gemittelt über den Kurverlauf (4 Untersuchungen) besprochen; daraus ergibt sich $n = 60$ für Gruppe 1 und $n = 56$ für Gruppe 2.

1. EKG :

a) Frequenz :

Der erste Meßwert wurde nach etwa drei Stufen ermittelt. Bereits hier zeigt sich ein starker Frequenzanstieg (Abb. 13). Den 2. Meßwert entnahmen wir kurz vor Erreichen des zweiten Stockwerkes dem EKG-Streifen. Beide Gruppen kamen auf eine Pulsfrequenz von circa 103/min, das bedeutet einen Anstieg um 26 Schläge für die Infarktgruppe und 24,5 Schläge für die Vergleichsgruppe. Es ergibt sich in keinem Punkt ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Graphen. In Abbildung 13 wurden die Pfeile für den mittleren Fehler des Mittelwertes der Übersichtlichkeit halber weggelassen.

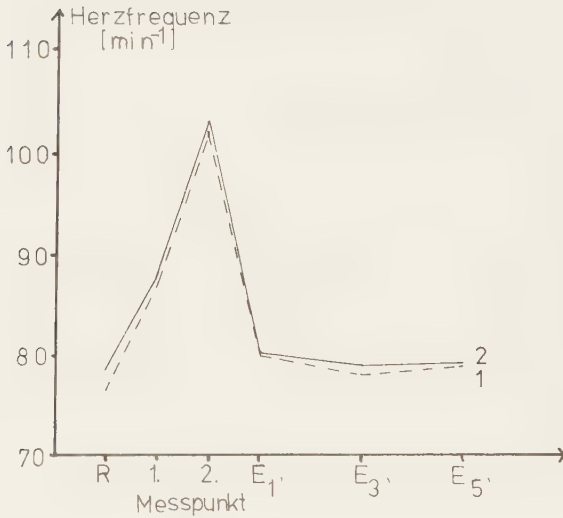


Abb. 13:

Die Herzfrequenz [min^{-1}]
beim Treppensteigen
für Gruppe 1 ($n = 60$)
und 2 ($n = 56$)

Auch die Graphen der Differenzen von Belastungsfrequenz minus Ruhefrequenz ($\Delta f_B - f_R$) ergeben ein sehr einheitliches Bild für beide Gruppen. (siehe Abb. 14)

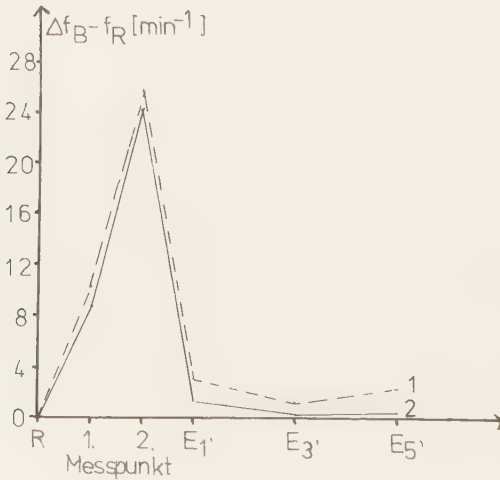


Abb. 14 :

$\Delta f_B - f_R$ [min^{-1}]
(f_B = Belastungsfre-
quenz; f_R = Ruhefre-
quenz) beim Treppen-
steigen für Gruppe 1
($n = 60$) und 2 ($n = 56$)

b) Extrasystolen :

In Gruppe 1 traten bei 5 Patienten insgesamt 89 Extrasystolen auf, davon entfielen 73 auf den Patienten 108. 3 Patienten hatten bereits bei der Ergometrie Rhythmusstörungen. Die beiden neu Hinzugekommenen hatten je 1 Extrasystole bei der 1. Belastungsmessung, also gleich zu Beginn des ersten Stockwerkes. Ebenso wie bei der Ergometrie bot ein Patient zweimal eine absolute Arrhythmie in der Erholungsphase. (Abb. 15)

In Gruppe 2 beobachteten wir 35 Extrasystolen bei 4 Patienten. Davon entfielen 25 auf den Patienten 012, der bereits bei der Ergometrie aufgefallen war. Dieser Patient hatte einmal zusätzlich während der Belastung eine absolute Arrhythmie. Bei zwei weiteren Patienten trat während der Erholung eine passage-re kurze Arrhythmie auf. Auffallend ist, daß auch in dieser Gruppe die zwei Extrasystolen des 1. Belastungswertes (siehe Abb. 16) von zwei neuen Patienten stammen, die unter der Ergometrie keine ES zeigten.

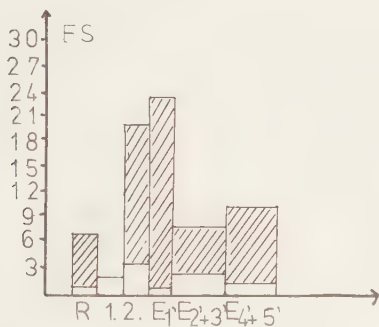


Abb. 15 : Anzahl der Extrasystolen beim Treppensteigen für Gruppe 1

▨ = Pat. 108
 □ = alle Pat.

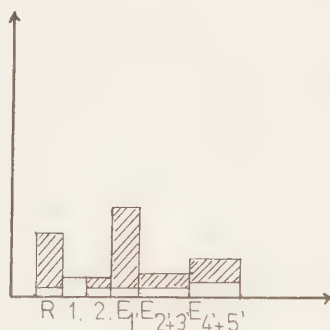


Abb. 16 : Anzahl der Extrasystolen beim Treppensteigen für Gruppe 2

▨ = Pat. 012
 □ = alle Pat.

Es traten bei beiden Gruppen wesentlich weniger Extrasystolen auf als bei der Ergometrie.

Abbildung 17 gibt die Anzahl der Extrasystolen auf 100 Pulsschläge an ; gemittelt über den Kurverlauf und über alle Patienten, unabhängig davon, ob sie Extrasystolen hatten oder

nicht. Dabei wurden die Extrasystolen über die ganze Belastung ausgezählt und auf 100 Pulsschläge umgerechnet. Der Unterschied zwischen den beiden Kollektiven ist evident. Gruppe 1 liegt in der Ruhe mit 0,25 % niedriger als Gruppe 2 mit 0,5 %, der Wert steigt jedoch während der Belastung erheblich an auf 0,53 %. Bei der Vergleichsgruppe sinkt der Prozentsatz an Extrasystolen während des Treppensteigens auf 0,10 %. Die Erholungswerte für Gruppe 2 bewegen sich immer um den Wert von 0,10 %. Bei der Infarktgruppe ist der 1. Erholungswert noch hoch, danach fällt die Kurve stark ab, sogar unter den Ruhewert.

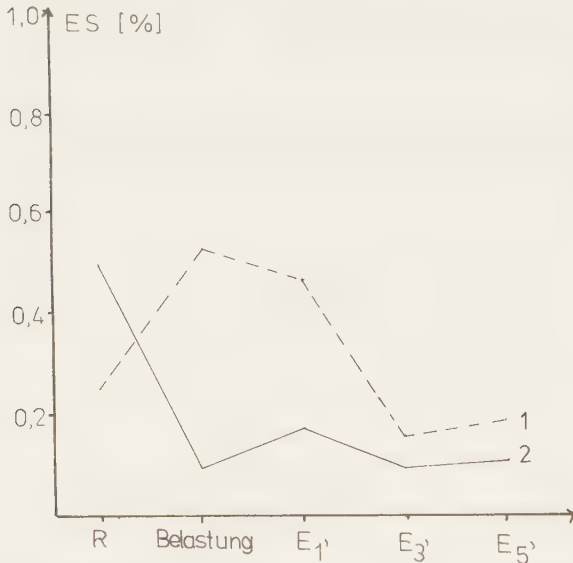


Abb. 17 :

Extrasystolen pro
100 Pulsschläge
[%] beim Treppen-
steigen für Grup-
pe 1 (n = 60) und
2 (n = 56)

c) ST-Senken :

Für Gruppe 1 ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei der Fahrrad-ergometrie. Lediglich zwei Patienten kamen neu hinzu (101 und 110); sie zeigten jedoch nur sehr vereinzelt pathologische ST-Senken von 0,10 mV. Alle sieben Patienten waren digitalisiert. Nur 6 der 13 digitalisierten Herzinfarktpatienten zeigten beim Treppensteigen über zwei Stockwerke keine Ischämiereaktion im EKG.

Bei Gruppe 2 kamen Patient 008 und 013 neu hinzu. Beide standen nicht unter Digitalis. Patient 012 wies beim Treppensteigen im

Gegensatz zur Ergometrie auch in der 3. Woche keine ST-Senken auf. Insgesamt zeigten sich bei dieser Gruppe wesentlich weniger pathologische ST-Senken als bei der Ergometrie und vor allem erheblich weniger als bei der Infarktgruppe.

Tabelle 7 : Pathologische ST-Senken in mV beim Treppensteigen für Gruppe 1 (D = Herzglykosid)

Pat.-Nr.	D	Ruhe	1.Meßp.	2.Meßp.	Erholung		
					1'	3'	5'
101	1.Wo D						
	2.Wo						
	3.Wo D						
	4.Wo D				0,10		
103	1.Wo	0,14	0,10	0,12	0,10	0,15	0,15
	2.Wo			0,10	0,10	0,10	0,10
	3.Wo D				0,12	0,10	0,10
	4.Wo D	0,10			0,15	0,18	0,15
105	1.Wo D	0,10	0,12	0,12	0,12	0,15	0,12
	2.Wo D	0,12	0,20	0,15	0,20	0,12	0,10
	3.Wo	0,10	0,10	0,10	0,12	0,10	0,18
	4.Wo D	0,18	0,15	0,20	0,20	0,15	0,13
107	1.Wo D						
	2.Wo D						
	3.Wo D						
	4.Wo				0,15	0,15	
109	1.Wo				0,13		
	2.Wo D				0,10		
	3.Wo D				0,10		0,10
	4.Wo D						
110	1.Wo	0,10					
	2.Wo D						
	3.Wo D						
	4.Wo D					0,10	0,10
113	1.Wo D	0,22	0,20	0,23	0,28	0,28	0,22
	2.Wo	0,18	0,25	0,30	0,25	0,20	0,18
	3.Wo D						
	4.Wo D	0,40	0,30	0,40	0,35	0,35	0,35

Tabelle 8 : Pathologische ST-Senken in mV beim Treppensteigen für Gruppe 2 (D = Herzglykosid)

Pat.-Nr.	D	Ruhe	1.Meßp.	2.Meßp.	Erholung		
					1'	3'	5'
002	1.Wo	D 0,10	0,12	0,15	0,17	0,15	0,10
	2.Wo	D				0,10	
	3.Wo	D 0,10			0,10	0,10	
	4.Wo	D			0,10	0,20	0,18
004	1.Wo	D					
	2.Wo	D 0,13		0,20	0,12	0,15	0,20
	3.Wo	D					
	4.Wo	D					
008	1.Wo				0,10	0,12	
	2.Wo						
	3.Wo						
	4.Wo						
013	1.Wo						
	2.Wo					0,10	0,12
	3.Wo						
	4.Wo						
014	1.Wo					0,10	
	2.Wo					0,10	
	3.Wo						
	4.Wo						

2. Volumenpuls :

a) Charakteristik :

Tabelle 9 : Die Pulswellencharakteristik beim Treppensteigen :

	Ruhe	1.Meßp.	2.Meßp.	Erholung		
				1'	3'	5'
Gruppe 1 :	2,5	(1,9)	(1,9)	2,7	2,3	2,3
Gruppe 2 :	2,55	2,4	2,4	2,6	2,3	2,2

Beide Gruppen zeigen annähernd die gleichen Ruhewerte. In der 3. und 5. Erholungsminute ist die Dikrotie erheblich stärker als vor der Belastung. Während des Treppensteigens sehen wir eine geringgradige Abnahme des Mittelwertes bei Gruppe 2. Die Werte

von 1,9 bei der Infarktgruppe können nicht als verbindliche Ergebnisse angesehen werden, da hier bei mehreren Patienten die Volumenpulse zu schlecht beurteilbar waren, um in die Mittelwertsbildung miteinbezogen zu werden. Aus diesem Grunde wurden die Belastungswerte bei Gruppe 1 in der Tabelle 9 in Klammern gesetzt.

b) Pulswellenverzögerung :

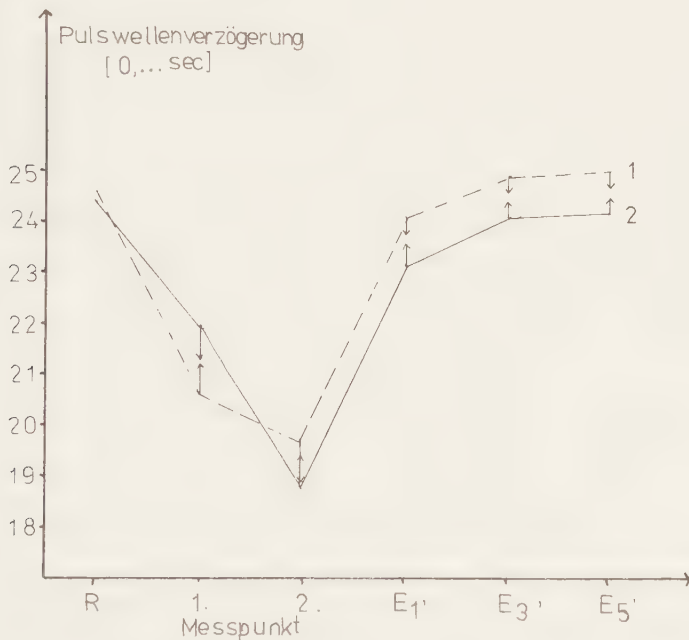


Abb. 18 : Die Pulswellenverzögerung [0,... sec] beim Treppensteigen für Gruppe 1 (n =60) und 2(n =56)

Die Pulswellenverzögerung nimmt bei beiden Gruppen ab, es zeigt sich jedoch ein Unterschied im Verlauf der Kurven während des Treppaufgehens. Bei der Gruppe der Infarktpatienten fällt sie bis zum ersten Meßpunkt ab (0,04 sec), um dann bis zum zweiten Meßpunkt nur noch wenig (0,009 sec) abzunehmen. Die Vergleichsgruppe bietet einen nahezu linearen Abfall der Verzögerungszeit bis zum zweiten Meßpunkt nach zwei Stockwerken. Während

der 5-minütigen Erholungsphase verlaufen beide Kurven parallel, jedoch liegt der Graph für Gruppe 1 über jenem für Gruppe 2, d.h. die Pulswellengeschwindigkeit ist bei Gruppe 1 geringer. Ein signifikanter Unterschied ergibt sich nur in der 3. Erholungsminute. (E_1 , : $0,05 < p < 0,1$; E_3 , : $0,02 < p < 0,05$; E_5 , : $0,05 < p < 0,1$)

3. Atemfrequenz :

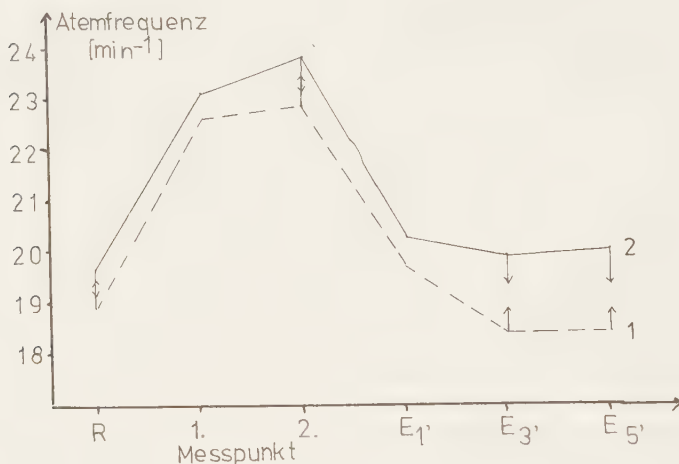


Abb. 19 : Die Atemfrequenz [min^{-1}] beim Treppensteigen für Gruppe 1 ($n = 60$) und 2 ($n = 56$)

Aus Abbildung 19 wird ersichtlich, daß die Atemfrequenz bei beiden Gruppen schon zum ersten Meßpunkt hin steil ansteigt. Die weitere Zunahme ist - vor allem bei den Infarktpatienten - nur noch gering. Auffallendere Unterschiede zwischen den beiden Gruppen zeigen sich wiederum erst in der Erholungsphase.

(E_3 , : $0,02 < p < 0,05$; E_5 , : $0,02 < p < 0,05$)

Bildet man die Differenz Atemfrequenz minus Ruheausgangswert ($\Delta Af - rAf$), dann wird der steilere Anstieg bei den Infarktpatienten sichtbar (Abb. 20). Ihre Atemfrequenz fällt nach der Belastung unter den Ausgangswert.

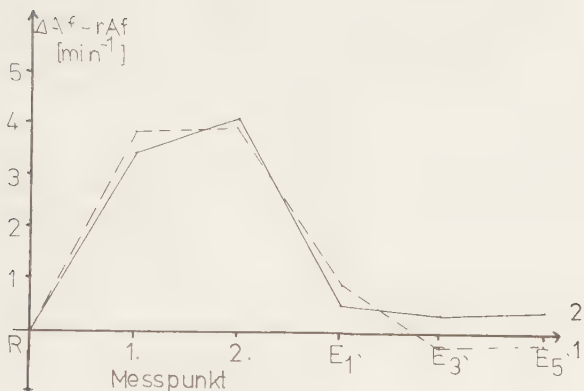


Abb. 20 :

$\Delta Af - rAf$ [min⁻¹]
 (Af = Atemfrequenz;
 rAf = Ruhewert) beim
 Treppensteigen für
 Gruppe 1 (n = 60)
 und 2 (n = 56)

4. Blutdruck :

Tabelle 10 : Mittelwerte der systolischen und diastolischen Blutdrucke [mmHg] beim Treppensteigen für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56) :

	Gruppe 1		Gruppe 2	
	RR syst.	RR diast.	RR syst.	RR diast.
Ruhe	129,2	86,7	126,0	84,0
Erholung 1'	133,9	85,1	129,0	83,6
Erholung 3'	127,3	86,2	124,8	83,5
Erholung 5'	127,8	86,0	124,3	84,6

In den systolischen und diastolischen Werten liegt die Gruppe 1 immer über der Gruppe 2; es läßt sich jedoch in keinem Punkt eine statistische Signifikanz sichern. Der diastolische Wert erreicht seinen Tiefpunkt für die Infarktgruppe in der ersten Erholungsminute, für die Gruppe 2 in der dritten.

Berechnet man auch hier wieder die Mitteldrucke nach der Formel

$$p_M = p_D + 1/3(p_S - p_D) ,$$

und trägt sie graphisch auf, so zeigt sich, daß die Kurven 1 und 2 gerade in der 1. und 3. Erholungsminute, wo die größten Unterschiede bestanden, genau parallel verlaufen.

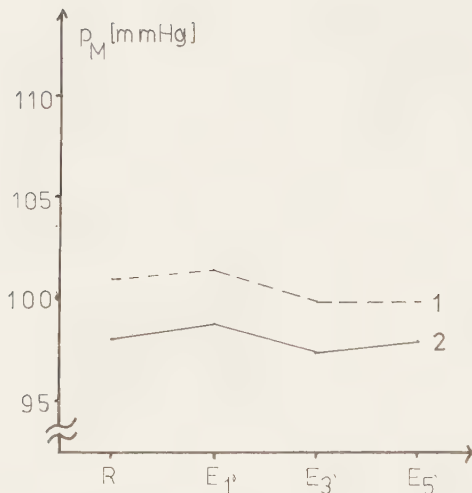


Abb. 21 :

Die Mitteldrucke p_M [mmHg] beim Treppensteigen für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56)

5. Herzminutenvolumen :

Tabelle 11: Rechnerisch ermittelte HMV-Äquivalentwerte für Gruppe 1 und 2 beim Treppensteigen :

	Gruppe 1	Gruppe 2
Ruhe	3235,6	3380,0
Erholung 1'	3874,6	3678,3
Erholung 3'	3225,5	3364,9
Erholung 5'	3310,6	3206,8

Da während des Treppensteigens der Blutdruck nicht ermittelt werden konnte, ergeben sich auch für das Herzminutenvolumen nur Ruhewerte. Es fällt die Erhöhung des HMV, vor allem bei Gruppe 1, in der 1. Erholungsminute auf. In der Erholungsphase werden keine so hohen Werte gefunden wie bei der Ergometrie.

6. Peripherer Widerstand :

Der periphere Widerstand nimmt durch das Treppensteigen ab. Die Erholungswerte liegen niedriger als bei der Ergometrie. In der 3. Minute werden die Ausgangswerte wieder erreicht. Bei Gruppe 1 fällt der Wert zur 5. Minute hin etwas ab, während er bei der Vergleichsgruppe weiter ansteigt. Die Abnahme des peripheren Widerstandes bleibt ebenso lange erhalten wie der

Pulswellenverzögerungsabfall (Abb. 18).

Tabelle 12 : Rechnerisch ermittelte Äquivalentwerte für den peripheren Widerstand der Gruppen 1 und 2 beim Treppensteigen :

	Gruppe 1	Gruppe 2
Ruhe	0,0312	0,0290
Erholung 1'	0,0262	0,0269
Erholung 3'	0,0310	0,0289
Erholung 5'	0,0302	0,0305

Eine zusammenfassende Beurteilung der Ergebnisse beim Treppensteigen erfolgt im Diskussionsteil.

III. GEHEN :

Da die Probanden bei der vorgeschriebenen langsamen Gehart (2,85 km/h) den Oberkörper nahezu ruhig hielten, beobachteten wir keine störenden Einflüsse auf das Tele-EKG. Der besonders anfällige Volumenpuls wurde aus technischen Gründen (Kabellänge nur 7 m) nach einer gesonderten Gehstrecke von 10 m (2 x 5 m $\hat{=}$ ca. 16 sec) abgenommen, jedoch sofort nach der Belastung wieder angelegt, um die Pulswelle in der Erholungsphase beurteilen zu können.

Alle folgenden Ergebnisse verstehen sich gemittelt über den Kurverlauf; getrennt für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56).

1. EKG :

a) Frequenz :

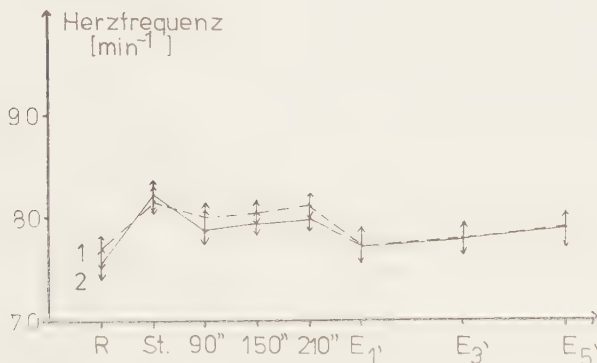


Abb. 22:

Die Herzfrequenz [min⁻¹] beim Gehen für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56)

In Abbildung 22 ist die Herzfrequenz im selben Maßstab aufgetragen wie in Abbildung 4 und 13, damit eine gute Vergleichsgrundlage gegeben ist. Die Pfeile für den mittleren Fehler des Mittelwertes lassen erkennen, daß kein statistisch auffälliger Unterschied zwischen den beiden Kollektiven besteht.

Es zeigt sich, daß die Frequenzzunahme durch die Belastung nur sehr gering ist. Jeder Graph weist zwei Gipfel auf: den ersten am Start, beim Umsetzen des statischen Zustandes in Bewegung, und den zweiten kurz vor Beendigung der Gehstrecke nach 210 sec.

Die Differenzkurve (Abb. 23) zeigt, daß der erste Gipfel für die Vergleichsgruppe besonders hoch ist. Die Frequenzen der Erholungsphase liegen über der Ausgangsfrequenz.

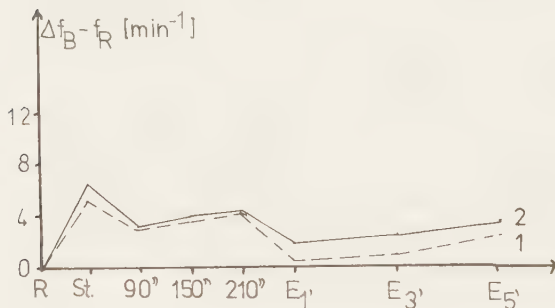


Abb. 23 :

$\Delta f_B - f_R$ [min⁻¹]
(f_B = Belastungsfrequenz; f_R = Ruhewert)
beim Gehen für Gruppe 1
(n = 60) und 2 (n = 56)

b) Extrasystolen :

In Gruppe 1 beobachteten wir 62 Extrasystolen bei 6 Patienten, davon allein 49 bei einem Patienten (108). Bei drei Probanden traten erstmalig beim Gehen vereinzelte Rhythmusstörungen auf. Die drei anderen hatten schon bei der Ergometrie und beim Treppensteigen Extrasystolen. Derselbe Patient, bei dem wir sowohl bei der Ergometrie als auch beim Treppensteigen zweimal eine absolute Arrhythmie in der Erholungsphase antrafen, bot auch nach dem Gehen einmal daselbe Bild, wobei er jedoch subjektiv keine Beschwerden angab.

In der Gruppe 2 traten 29 Extrasystolen bei den drei Patienten auf, die schon bei der Ergometrie aufgefallen waren. Davon entfielen 18 ES auf den Patienten 012. Bei einem Probanden stellte sich während der Belastung eine kurzdauernde Arrhythmie ein.

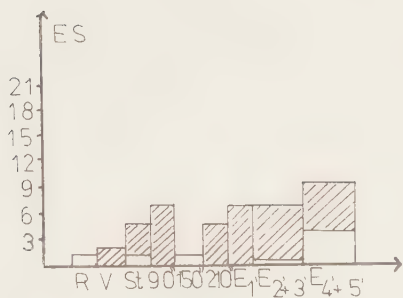


Abb. 24 : Anzahl der Extrasystolen beim Gehen für Gruppe 1

▨ = Pat. 108

□ = alle Pat.

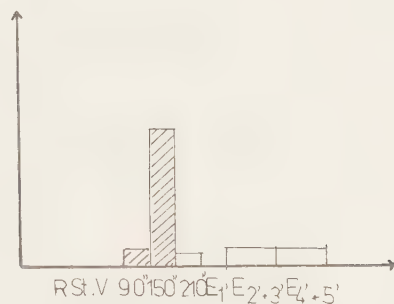


Abb. 25 : Anzahl der Extrasystolen beim Gehen für Gruppe 2

▨ = Pat. 012

□ = alle Pat.

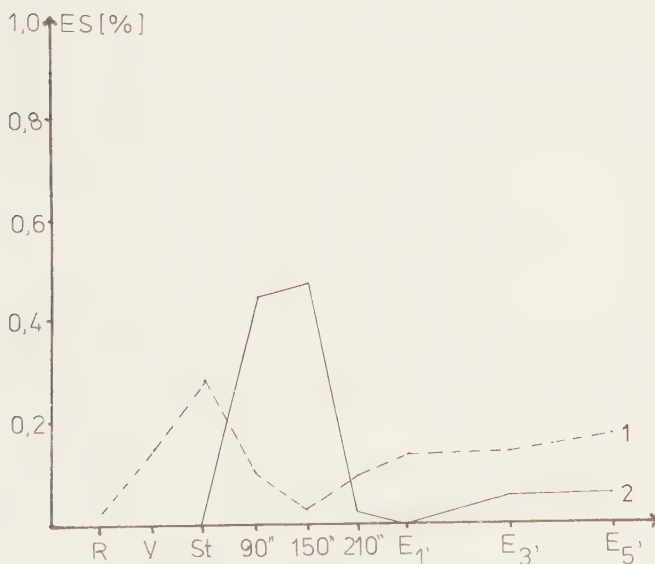


Abb. 26 : ES in % der normalen Herzaktionen beim Gehen für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56)

Auch hier wurde die Darstellung der Extrasystolen als % der normalen Herzaktionen vorgenommen. Es zeigt sich, daß die Infarktgruppe am Start mehr Rhythmusstörungen als die Vergleichs-

kollektiv aufweist. Der Wert fällt ab bis zur Messung bei 150''. In der Erholungsphase bleibt der Prozentsatz an Extrasystolen konstant bei 0,15 %. Die Vergleichsgruppe zeigt erst bei den Belastungsmessungen ab 90 sec Gehstrecke ES, die einen Wert von 0,48 % bei der Messung nach 150'' erreichen. Die Erholungsziffern sind sehr niedrig.

c) ST-Senken :

Tabelle 13 : Die pathologischen ST-Senken in mV beim Gehen für Gruppe 1 :(D = Herzglykosid)

Pat.-Nr.	D	Ruhe	Vol.	St.	90''	150''	210''	Erholung		
								1'	3'	5'
103 1.Wo		0,10		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	
2.Wo						0,10	0,12	0,10	0,10	0,10
3.Wo	D				0,12	0,10				
4.Wo	D	0,13	0,13	0,18	0,10			0,13	0,10	0,10
105 1.Wo	D	0,12	0,10	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,10
2.Wo	D	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
3.Wo		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
4.Wo	D	0,10	0,10	0,13	0,13	0,10	0,12	0,12	0,13	0,13
109 1.Wo						0,10	0,10			
2.Wo	D		0,10							
3.Wo	D									
4.Wo	D							0,10	0,10	0,10
113 1.Wo	D	0,20	0,22	0,25	0,22	0,20	0,20	0,25	0,22	0,24
2.Wo		0,20	0,20	0,30	0,28	0,20	0,30	0,18	0,15	0,15
3.Wo	D									
4.Wo	D	0,30	0,37	0,40	0,40	0,35	0,40	0,39	0,38	0,35

Bei Gruppe 1 kamen bei 4 Patienten ST-Senken $\geq 0,10$ mV vor. Sowohl der Vergleich der Tiefe der Senken als auch deren Häufigkeitsverteilung bei der Ergometrie und beim Gehen ergibt ein sehr heterogenes Bild. Ein eindeutiger Trend ist nicht feststellbar. Alle 4 Herzinfarkt-rehabilitanden, die beim Gehen ST-Senken im EKG zeigten, waren digitalisiert. Neun der digitalisierten Patienten dieser Gruppe zeigten keine Ischämie-reaktion.

Die 3 Patienten, die in Gruppe 2 Ischämie-reaktionen beim Gehen

aufwiesen, hatten diese auch schon bei der Ergometrie und beim Treppensteigen. Patient 004 zeigte jedoch deutlich weniger Senken als bei der Ergometrie; bei Patient 002 sind die Senken unter Belastung eher tiefer geworden. Auch beim Gehen fällt auf, daß es in der Infarktgruppe wesentlich häufiger zu pathologischen Veränderungen des Kammerendkomplexes kommt als in der Vergleichsgruppe.

Tabelle 14 : Pathologische ST-Senken in mV beim Gehen für Gruppe 2 (D = Herzglykosid) :

Pat.-Nr.	D	Ruhe	Vol.	St.	90''	150''	210''	Erholung			
								1'	3'	5'	
002	1.Wo	D	0,15		0,18	0,17	0,12	0,18	0,15	0,12	0,13
	2.Wo	D	0,10			0,20	0,20	0,15	0,12	0,10	0,10
	3.Wo	D		0,10			0,15	0,18	0,10		
	4.Wo	D	0,10	0,18		0,16	0,13	0,10		0,13	0,10
004	1.Wo	D									
	2.Wo	D	0,10	0,18	0,16	0,10	0,13		0,11	0,10	0,12
	3.Wo	D									
	4.Wo	D									
014	1.Wo			0,20	0,12						
	2.Wo										
	3.Wo										
	4.Wo										

2. Volumenpuls :

a) Charakteristik :

Tabelle 15 : Pulswellencharakteristik beim Gehen :

	Ruhe	10 m Gehen	Erholung		
			1'	3'	5'
Gruppe 1 :	2,7	1,5	2,6	2,4	2,2
Gruppe 2 :	2,9	1,8	3,1	2,5	2,2

Bei Gruppe 1 weisen die Pulswellen durchwegs eine ausgeprägtere Dikrotie auf als bei Gruppe 2. Während der Gehstrecke verändert sich die Form um über eine Stufe der Skala. Dieser Effekt ist in beiden Gruppen gleich stark ausgeprägt. Wiederum ergibt sich eine deutliche positive Veränderung der Pulsform in der 3. und 5. Erholungsminute für beide Gruppen.

b) Pulswellenverzögerung :

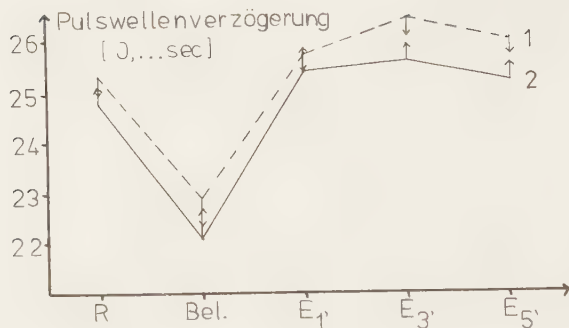


Abb. 27 :

Pulswellenverzögerung
[0,... sec] beim Ge-
hen für Gruppe 1
(n = 60) und 2 (n = 56)

Die "Belastung", bei der der Druckabnehmer angelegt war, dauerte im Durchschnitt nur 16 Sekunden. Umso verwunderlicher ist es, daß es bereits hier zu einer Abnahme der Pulswellenverzögerung um 0,024 sec bei Gruppe 1 und um 0,027 sec bei der Vergleichsgruppe kommt. Die in Abbildung 27 dargestellten Werte der 1. bis 5. Erholungsminute wurden nach der gesamten Gehstrecke ermittelt. Die Kurve für die Infarktgruppe liegt immer über derjenigen der Gruppe 2 (E_3 , : $0,05 < p < 0,1$; E_5 , : $0,05 < p < 0,1$).

3. Atemfrequenz :

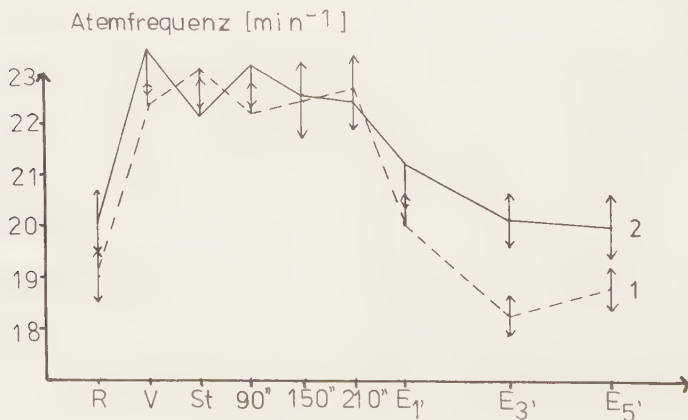


Abb. 28 : Die Atemfrequenz [min^{-1}] beim Gehen
für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56)

Die Aufzeichnung der Atemfrequenz in Abhängigkeit von der Gehbelastung (Abb. 28) ergibt für die beiden Kollektive ein sehr uneinheitliches Bild. Für alle Probanden steigt die Frequenz bereits während der Teststrecke für den Volumenpuls (V) stark an. Danach beobachten wir folgenden Verlauf für Gruppe 1 : am Start zur Gehstrecke ist die Frequenz noch erhöht, fällt dann nach 90'' ab, um von da an kontinuierlich bis zum Ende der Belastung anzusteigen. Auffallend ist der sofort einsetzende starke Abfall nach Beendigung der Strecke. In der Vergleichsgruppe nehmen die Atemzüge pro Minute dagegen beim Start im Mittel ab gegenüber der Volumenpulsstrecke. Während der ersten 90 Sekunden steigt die Frequenz und pendelt sich dann auf einen Wert um 22,5 Atemzüge pro Minute ein. In der 3. Erholungsminute erreicht die Atemfrequenz wieder die Ausgangswerte. Obwohl wir hier einen sehr heterogenen Kurvenverlauf beobachten, ergibt sich während der Belastung keine Signifikanz. Statistisch auffällig ist lediglich die 3. Erholungsminute (E_3 : $0,01 < p < 0,02$; E_3 : $0,1 < p < 0,2$).

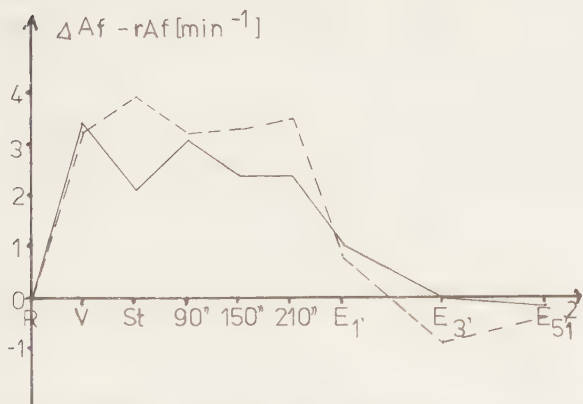


Abb. 29 :

$\Delta Af - rAf$ [min⁻¹]
 (Af = Atemfrequenz;
 rAf = Ruhewert)
 beim Gehen für
 Gruppe 1 (n = 60)
 und 2 (n = 56)

Bei der Darstellung der Differenzkurve kommt deutlicher heraus, daß die Gruppe 1 - vor allem durch den Start - mehr beansprucht wird als Gruppe 2. Der Anstieg um 4 Atemzüge pro Minute entspricht demjenigen beim Treppensteigen am Ende der Belastung. In der Erholungsphase sinkt die mittlere Atemfrequenz beider Gruppen unter die Ausgangsfrequenz.

4. Blutdruck :

Tabelle 16 : Mittelwerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks [mmHg] beim Gehen für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56) :

	Gruppe 1		Gruppe 2	
	RR syst.	RR diast.	RR syst.	RR diast.
Ruhe	126,5	86,3	124,0	84,6
Erholung 1'	128,8	86,4	125,6	85,1
Erholung 3'	128,6	88,4	124,7	87,6
Erholung 5'	126,7	88,1	124,9	87,0

Gruppe 1 liegt sowohl in den systolischen als auch in den diastolischen Werten immer über Gruppe 2. Ein statistisch signifikanter Unterschied ergibt sich jedoch nicht. Man erkennt, daß der systolische Wert gleich nach der Belastung erhöht ist, während der diastolische Wert erst zur 3. Erholungsminute hin zunimmt, um dann wieder abzusinken. Er erreicht allerdings während der 5-minütigen Beobachtungsdauer seinen Ausgangswert nicht. Der systolische Ruhewert wird bei der Infarktgruppe nach 5 Minuten, bei der Vergleichsgruppe schon in der 3. Erholungsminute erreicht.

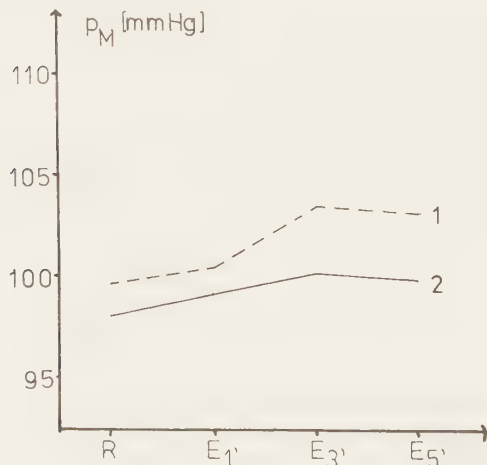


Abb. 30 :

Mitteldruck p_M [mmHg] beim Gehen für Gruppe 1 (n = 60) und 2 (n = 56)

Die Mitteldruckkurven zeigen einen nahezu parallelen Verlauf der Ruheausgangs- und Erholungswerte. Der höchste Punkt der

Kurven wird in der 3. Minute erreicht. Das ist ein ganz anderer Verlauf als bisher beobachtet (vergl. Abb. 12 und 21). Die p_M - Werte für die Erholungsphase liegen über denen beim Treppensteigen, obwohl dort ein höherer Ausgangswert gemessen wurde.

5. Herzminutenvolumen :

Tabelle 17 : Rechnerisch ermittelte HMV-Äquivalentwerte für Gruppe 1 und 2 beim Gehen :

	Gruppe 1	Gruppe 2
Ruhe	3088,6	3030,2
Erholung 1'	3240,6	3162,0
Erholung 3'	3065,0	2890,3
Erholung 5'	3015,1	2990,3

Auch beim Gehen ist nur die Schätzung der Ruhewerte möglich. Augenfällig ist wiederum die starke Erhöhung des HMV-Äquivalentwertes in der 1. Erholungsminute, die für die Infarktgruppe etwas stärker ausgeprägt ist als für Gruppe 2. Es ergeben sich wesentlich niedrigere Werte als bei der Ergometrie und beim Treppensteigen. Das wird aus dem oben Besprochenen und dessen Anwendung in der Formel :

$$HMV \sim (p_S - p_D) \times f \times 100/p_M$$

deutlich. Der Mitteldruck p_M ist beim Gehen erhöht, die Herzfrequenzzunahme im Vergleich zu den anderen Belastungen geringer, daraus ergibt sich zwangsläufig ein kleinerer HMV-Wert.

6. Peripherer Widerstand :

Tabelle 18 : Rechnerisch ermittelte Äquivalentwerte für den peripheren Widerstand (w_p) beim Gehen für Gruppe 1 und 2 :

	Gruppe 1	Gruppe 2
Ruhe	0,0323	0,0322
Erholung 1'	0,0310	0,0312
Erholung 3'	0,0332	0,0346
Erholung 5'	0,0335	0,0333

In der 1. Erholungsminute zeigen sich erniedrigte Werte für w_p . Bei Gruppe 1 steigen sie langsam wieder an und liegen in der 3. Minute der Erholungsphase bereits über dem Ausgangswert. Bei der Vergleichsgruppe steigt der periphere Widerstand zur 3. Mi-

nute stärker an, um dann wieder abzufallen. Nach 5 Minuten sind die Werte beider Gruppen annähernd gleich.

Eine Zusammenfassung und Beurteilung der Ergebnisse beim Gehen erfolgt im Diskussionsteil.

IV. WASSERTRETEN :

Für diese Untersuchung reduzierten sich unsere beiden Patientenkollektive auf 13 Teilnehmer der Gruppe 2 (Pat. 014 schied wegen einer Erkältung aus) und 11 der Gruppe 1 (Pat. 102 und 114 waren wegen einer Erkältung nicht zu bewegen, ins kalte Wasser zu gehen ; die beiden Pat. 103 und 112 gaben nach dem ersten Versuch Stenokardien an und wurden deshalb ausgeschlossen. Näheres siehe Diskussionsteil) . So ergaben sich bei den über die vier Untersuchungen gemittelten Ergebnisse ein $n = 44$ für Gruppe 1 und $n = 52$ für Gruppe 2.

Die Probanden wurden angehalten, richtig Wasser zu treten, nicht durch das Becken zu waten. Sie konnten sich dabei nicht am Geländer festhalten, weil am linken Arm der Druckabnehmer für den Volumenpuls angelegt war. Das Ausbalancieren bereitete einigen große Schwierigkeiten, was zur Folge hatte, daß durch die Ausgleichsbewegungen oftmals die Qualität der Kurven auf dem Meßstreifen litt. So wurde vor allem die Auswertung der Pulskurve in vielen Fällen problematisch.

1. Meßpunkt : auf der ersten Hälfte der Tretstrecke ;
2. Meßpunkt : nach der Hälfte der Strecke auf der Stelle tretend; hier auch RR-Messung ;
3. Meßpunkt : auf der zweiten Hälfte der Tretstrecke ;

1. EKG :

a) Frequenz :

Die Abbildung der Herzfrequenzen beim Wassertreten zeigt, daß die Werte für Gruppe 2 immer höher liegen als diejenigen der Infarktgruppe. Während die Frequenzen der Vergleichsgruppe im Wasser stetig steigen, beobachten wir bei der Gruppe 1 einen initialen Anstieg, ein Gleichbleiben der Pulsfrequenz beim Auf-der-Stelle-Treten und einen weiteren Anstieg während der zweiten Hälfte der Strecke. (2.Meßpunkt : $0,1 < p < 0,2$)

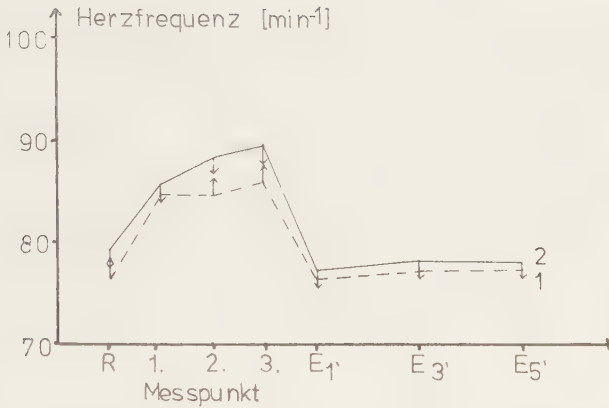


Abb. 31:

Die Herzfrequenz [min⁻¹] beim Wassertreten für Gruppe 1 (n = 44) und 2 (n = 52)

Auch hier wurde die Differenzkurve erstellt (Abb. 32). In ihr wird der steilere initiale Anstieg der Frequenzen der Infarktgruppe ersichtlich. Während der 5-minütigen Beobachtungsphase nach dem Wassertreten fallen die Frequenzwerte sofort stark ab und bleiben dann etwa konstant. Bei Gruppe 2 liegen bereits die Werte der 1. Erholungsminute unter dem Ausgangswert. Gruppe 1 erreicht den Ruhewert nicht.

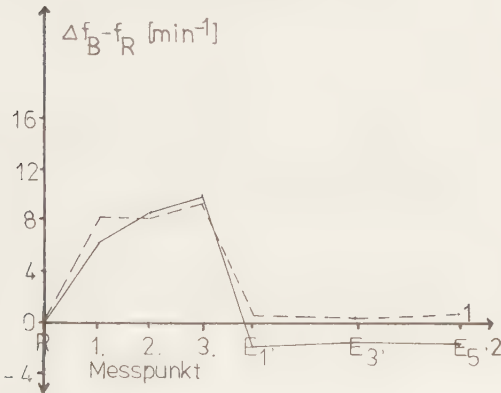


Abb. 32:

$\Delta f_B - f_R$ [min⁻¹] (f_B = Belastungsfrequenz, f_R = Ruhewert) beim Wassertreten für Gruppe 1 (n = 44) und 2 (n = 52)

b) Extrasystolen :

In Gruppe 1 fanden sich bei 4 Patienten 64 Extrasystolen. Alle vier hatten schon bei anderen Belastungen Rhythmusstörungen aufgewiesen. Auch hier entfielen auf den Patienten 108 über 50 % der Extrasystolen (38ES). Derselbe Patient, der bei allen Be-

lastungsformen eine absolute Arrhythmie in der Erholungsphase gezeigt hatte, wies sie auch beim Wassertreten auf, jedoch schon vor der Belastung, während des Tretens und in der 1. Erholungsminute.

Gruppe 2 hatte beim Wassertreten die wenigsten Extrasystolen. Wir beobachteten nur 9 ES bei 3 Patienten, davon entfielen 4 auf Patient 012. Zwei der Probanden zeigten bei allen Belastungen Rhythmusstörungen, ein Patient kam beim Wassertreten neu dazu. Einmal beobachteten wir auch hier eine Arrhythmia absoluta in Ruhe, bei der 1. Messung und in der 5. Erholungsminute.

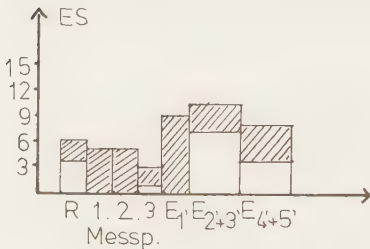


Abb. 33: Anzahl der Extrasystolen beim Wassertreten für Gruppe 1

▨ = Pat. 108
 □ = alle Pat.

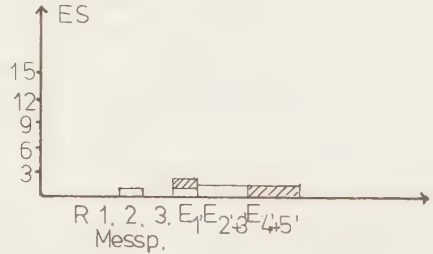


Abb. 34: Anzahl der Extrasystolen beim Wassertreten für Gruppe 2

▨ = Pat. 012
 □ = alle Pat.

Abbildung 35 zeigt das deutliche Auseinanderklaffen der beiden Graphen bei der Darstellung der Extrasystolen in Prozent der normalen Herzaktionen. Die Werte der Vergleichsgruppe liegen ganz auffällig unter denen der Infarktpatienten. Wir beobachten auch beim Wassertreten einen starken initialen Anstieg des Prozentsatzes an Extrasystolen, der dann im Laufe der Belastung linear absinkt.

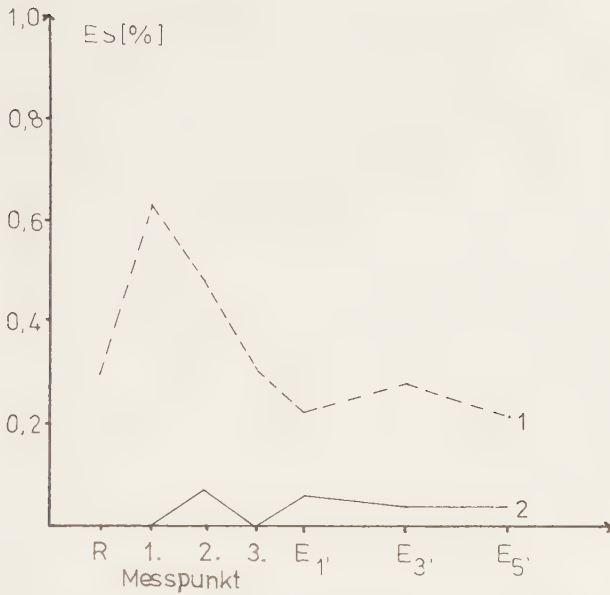


Abb. 35 : Extrasystolen auf 100 Pulsschläge [%] beim Wassertreten für Gruppe 1 (n = 44) und 2 (n = 52)

c) ST-Senken :

Für 3 der 11 Patienten der Gruppe 1 fanden wir pathologische ST-Senken im EKG. Bei diesen Herzinfarkt-rehabilitanden ergaben sich weder mehr noch tiefere Senken als bei anderen Untersuchungen.

Das gleiche gilt für die beiden Probanden der Gruppe 2, die auch diesmal Ischämiereaktionen zeigten.

Tabelle 19 : Pathologische ST-Senken mV beim Wassertreten
für Gruppe 1 : (D = Herzglykosid)

Pat.-Nr.	D	Ruhe	1.Meßp.	2.Meßp.	3.Meßp.	Erholung		
						1'	3'	5'
105 1.Wo	D	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,15	0,12
2.Wo	D	0,10	0,10	0,18	0,15	0,18	0,15	0,15
3.Wo		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
4.Wo	D	0,12	0,10	0,10	0,12	0,10	0,10	0,10
109 1.Wo							0,10	
2.Wo	D							
3.Wo	D							
4.Wo	D		0,10	0,10			0,10	
113 1.Wo	D	0,28	0,23	0,25	0,20	0,28	0,25	0,28
2.Wo		0,10	0,15	0,20	0,25	0,20	0,20	0,18
3.Wo	D							
4.Wo	D	0,40	0,40	0,40	0,35	0,42	0,35	0,40

Tabelle 20 : Pathologische ST-Senken mV beim Wassertreten
für Gruppe 2 : (D = Herzglykosid)

Pat.-Nr.	D	Ruhe	1.Meßp.	2.Meßp.	3.Meßp.	Erholung		
						1'	3'	5'
002 1.Wo	D	0,15	0,18	0,12	0,17	0,10	0,11	0,20
2.Wo	D	0,10				0,10	0,12	0,10
3.Wo	D					0,13	0,13	0,13
4.Wo	D						0,10	0,23
004 1.Wo	D							
2.Wo	D	0,13	0,15	0,12		0,11	0,15	0,18
3.Wo	D							
4.Wo	D							

2. Volumenpuls :

a) Charakteristik :

Tabelle 21 : Die Pulswellencharakteristik beim Wassertreten
für Gruppe 1 (n = 44) und 2 (n = 52) :

	Ruhe	1.Meßp.	2.Meßp.	3.Meßp.	1'	Erholung		
						3'	5'	
Gruppe 1 :	2,6	(2,4)	(2,8)	(3,1)	2,8	2,2	2,1	
Gruppe 2 :	2,7	(3,1)	3,0	(3,3)	2,9	2,5	2,3	

Die meisten Belastungswerte mußten in Tabelle 21 in Klammern gesetzt werden, da die Aussagekraft dieser Durchschnittswerte fraglich erscheint. Zu viele Volumenpulskurven konnten wegen Unleserlichkeit nicht interpretiert werden. Es scheint jedoch gesichert zu sein, daß die Dikrotie im Wasser schwächer wird. Das ergibt sich auch aus dem noch deutlich erhöhten 1.Erholungswert. In der 3. und 5.Erholungsminute ermittelten wir für beide Gruppen eine markantere Dikrotie.

b) Pulswellenverzögerung :

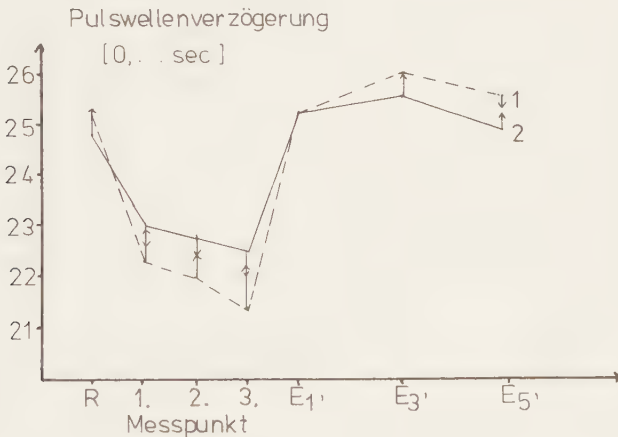


Abb. 36 : Pulswellenverzögerung [0, ... sec]
beim Wassertreten für Gruppe 1
(n = 44) und 2 (n = 52)

Die Pulswellenverzögerung nimmt während des Wassertretens kontinuierlich vom 1. bis zum 3.Meßpunkt ab. Nach der Belastung steigt die Verzögerungszeit bei beiden Kollektiven an, sogar über den Ausgangswert. Den Gipfel beobachten wir in der 3.Erholungsminute. Die Infarktgruppe liegt in den Belastungswerten niedriger, in den Ruhewerten höher als die Vergleichsgruppe. Am auffälligsten, jedoch statistisch nicht zu sichern, in der 5.Erholungsminute ($0,2 < p < 0,5$).

3. Atemfrequenz :

Auf den ersten Blick wird aus Abbildung 37 ersichtlich, daß die Atemfrequenz sofort sehr stark ansteigt. Auffallend sind

wiederum zwei Gipfel : der erste, vor allem bei der Infarktgruppe sehr stark ausgeprägte, zu Beginn der Belastung, der zweite bei der 3. Messung. Während des Tretens auf der Stelle ist die Atemfrequenz dagegen etwas niedriger. Gruppe 1 liegt in den Belastungswerten über Gruppe 2, in den Ruhewerten unter ihr. Eine statistische Signifikanz ergibt sich in Ruhe ($0,01 < p < 0,02$) sowie in der 3. Erholungsminute ($0,01 < p < 0,02$) und in der 5. Erholungsminute ($0,002 < p < 0,01$). Der Unterschied am 1. Meßpunkt ließ sich statistisch mit Hilfe des t-Testes nicht sichern ($0,1 < p < 0,2$).

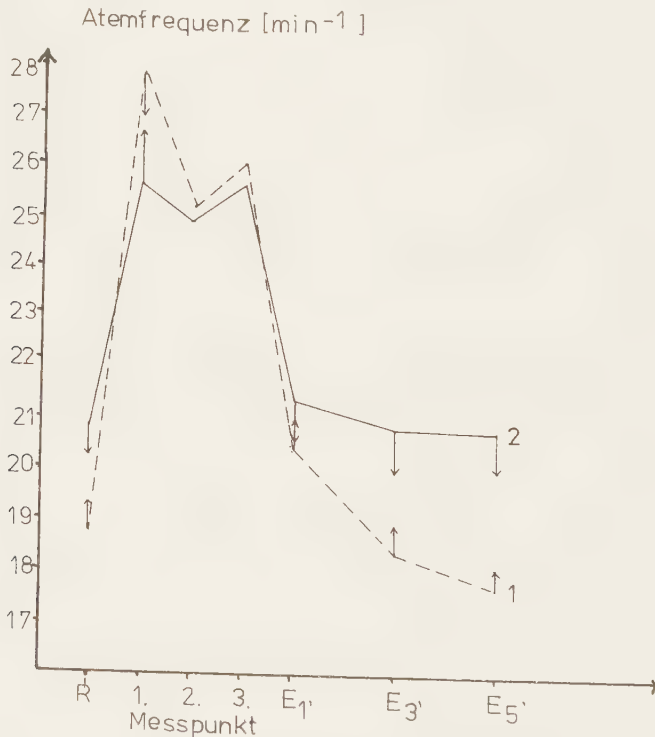


Abb. 37 : Atemfrequenz [min^{-1}] beim Wasser-treten für Gruppe 1 ($n = 44$) und Gruppe 2 ($n = 52$)

Die Differenzkurve (Abb.38) zeigt nochmals die beiden Gipfel. Das unterschiedliche Verhalten der zwei Gruppen wird durch den

steileren Anstieg für die Infarktgruppe und den Unterschied in der Zunahme von 4,3 Atemzügen am 1. gegenüber 2,5 am 2. und 2,6 am 3. Meßpunkt sichtbar. In der 3. und 5. Erholungsminute sinkt die Atemfrequenz beider Kollektive unter den Ausgangswert.

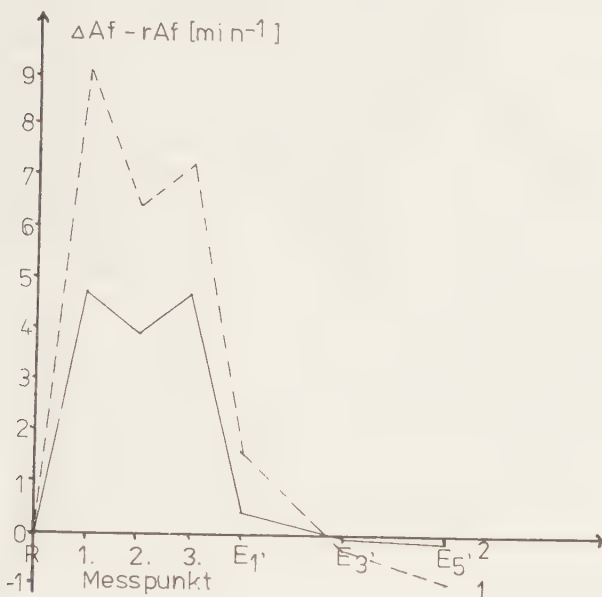


Abb. 38 :

$\Delta Af - rAf$ [min^{-1}]
 (Af = Atemfrequenz,
 rAf = Ruhewert)
 beim Wassertreten
 für Gruppe 1 (n = 44)
 und 2 (n = 52)

4. Blutdruck :

Tabelle 22 : Die Mittelwerte für den systolischen und diastolischen Blutdruck [mmHg] beim Wassertreten für Gruppe 1 (n = 44) und 2 (n = 52) :

	Gruppe 1		Gruppe 2	
	RR syst.	RR diast.	RR syst.	RR diast.
Ruhe	132,3	86,6	124,9	84,9
auf der Stelle tretend	149,2	92,7	145,3	93,2
Erholung 1'	134,3	88,1	125,9	85,1
Erholung 3'	125,3	88,8	121,7	86,6
Erholung 5'	125,2	88,5	122,2	85,9

In den systolischen Werten liegt Gruppe 1 immer über Gruppe 2, mit statistischer Signifikanz in der Ruhe vor dem Wassertreten ($0,02 < p < 0,05$) und in der 1. Erholungsminute ($0,02 < p < 0,05$). Die diastolischen Belastungswerte der Infarktgruppe liegen unter denen der Vergleichsgruppe, ansonsten weist die Gruppe 1 auch diastolisch höhere Drücke auf. Signifikant wird der Unterschied in keinem Punkt ($E_{1,1} : 0,1 < p < 0,2$). Alle Blutdruckwerte steigen während der Belastung ganz deutlich an. Gruppe 1 erreicht den systolischen Ausgangswert in der 1. Erholungsminute wieder, die diastolischen Werte bleiben erhöht. Bei der Vergleichsgruppe haben sowohl der systolische als auch der diastolische Wert in der 1. Minute der Erholung ihren Ausgangswert erreicht. In der 3. und 5. Erholungsminute verkleinert sich die Blutdruckamplitude, da der systolische Wert weiter sinkt, während der diastolische wieder ansteigt.

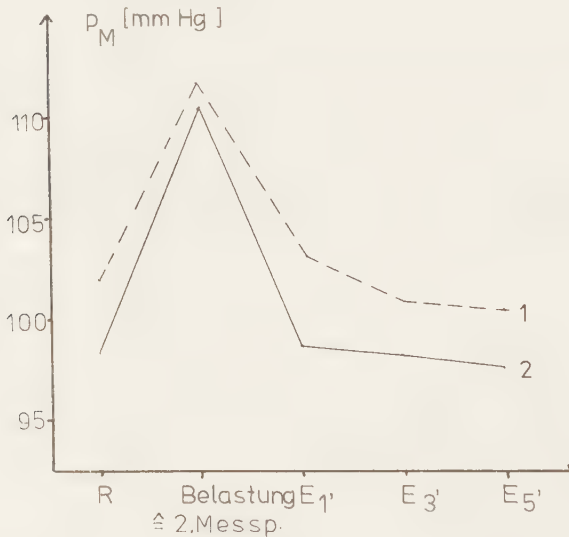


Abb. 39 :

Die Mitteldrucke p_M [mmHg] beim Wassertreten für Gruppe 1 ($n = 44$) und 2 ($n = 52$)

Der Graph für die Mitteldrucke der Gruppe 1 liegt immer über dem der Gruppe 2. Auffällig ist der starke Anstieg während des Wassertretens für beide Gruppen. Bei der Vergleichsgruppe fällt der Mitteldruck nach Absetzen der Belastung genauso steil wieder ab bis fast auf den Ausgangswert. In der 5-minütigen Erholungsphase sinkt er linear weiter bis unter den Ruhewert.

Für die Infarktgruppe zeigen sich etwas andere Verhältnisse : wir beobachten keinen so plötzlichen Abfall, jedoch liegt der Mitteldruck der 3.Erholungsminute bereits unter dem Ausgangswert.

5. Herzminutenvolumen :

Tabelle 23 : Die HMV-Äquivalentwerte beim Wassertreten für Gruppe 1 und 2 :

	Gruppe 1	Gruppe 2
Ruhe	3422,0	3239,2
auf der Stelle tretend	4307,0	4135,7
Erholung 1'	3463,8	3186,0
Erholung 3'	2786,4	2800,0
Erholung 5'	2808,3	2888,3

Die rechnerisch ermittelten HMV-Äquivalentwerte liegen für die Infarktgruppe stets über denen der Vergleichsgruppe. Während des Wassertretens ergibt sich ein deutlicher Anstieg des Wertes. In der Erholung, vor allem in der 3.Minute, liegen die Zahlen unter den Ausgangsvolumina. Die erzielten Erholungswerte sind niedriger als diejenigen bei der Ergometrie und beim Treppensteigen.

6. Peripherer Widerstand :

Tabelle 24 : Rechnerisch ermittelte Äquivalentwerte für den peripheren Widerstand (W_p) beim Wassertreten für Gruppe 1 und 2 :

	Gruppe 1	Gruppe 2
Ruhe	0,0297	0,0303
auf der Stelle tretend	0,0258	0,0267
Erholung 1'	0,0299	0,0309
Erholung 3'	0,0362	0,0351
Erholung 5'	0,0359	0,0339

Aus der Tabelle kann man entnehmen, daß der periphere Widerstand während des Wassertretens abnimmt. Er erreicht bei beiden Kollektiven in der 1.Erholungsminute seinen Ausgangswert und steigt zur 3.Erholungsminute kräftig an.

DISKUSSION :

A) Kritik der Methode :

I. Meßverfahren :

1. Telemetrie :

Die Radio-Biotelemetriesysteme wurden in den letzten Jahrzehnten sehr vervollkommen und haben seither große Bedeutung erlangt. Vor allem durch die Erfordernisse der Raketentechnik und der Luft- und Raumfahrt wurden die Entwicklungen angeregt und vorangetrieben. (46) So hat man heute relativ kleine, handliche Geräte, die keinen großen räumlichen Aufwand erfordern und auch für den Probanden nicht allzu belastend sind. Keiner unserer Patienten beklagte sich über den Sender Meditel 150 der Firma Hellige, den er in einer Tragtasche rucksackartig umgeschnallt bekam. Wir erhielten unter den Versuchsbedingungen für die telemetrisch bestimmten Größen EKG und Atmung Kurven, die nicht nur eine reine Frequenz- sondern auch eine Formbeurteilung in begrenztem Rahmen zulassen. Die Reichweite von 450 m und eine Sendeleistung von 50 mV erwiesen sich als ausreichend für unsere Untersuchungen. Es gab keine Schwierigkeiten, die Werte der auf der Gehstrecke befindlichen Testperson in der Klinik zu empfangen.

a) EKG :

Unsere Ableitung nach SCHADER läßt sich am ehesten mit der in der Literatur beschriebenen CM 5-Ableitung (Manubrium sterni-5. ICR links über Herzspitze) vergleichen (44, 47, 49). Das Bild entspricht annähernd dem einer V5-Ableitung. Da die Elektrodenlage in Richtung der Herzachse erfolgt, ist das Elektrokardiogramm gut auswertbar (47).

Das Frequenzverhalten war bei allen Belastungen sicher aus der Kurve beurteil- und auszählbar. Nachdem wir uns eingearbeitet hatten, bereitete uns auch die Auffindung und Auszählung der Extrasystolen keinerlei Schwierigkeiten. An dieser Stelle soll angemerkt werden, daß wir die Angabe der prozentualen Extrasystolenzahlen in dieser Arbeit gewählt haben, um Vergleichsmöglichkeiten mit anderen Autoren zu haben (17, 38, 42, 43, 49). Wir sind jedoch der Meinung, daß dieser Weg, die Extrasystolen zahlenmäßig zu erfassen, sehr viele Fehlerquellen beinhaltet.

Das Verfahren mag noch aussagekräftig sein, wenn man den Zeitfaktor berücksichtigt. Als Beispiel die Ergometrie : man erhält nach 6 Minuten Fahrradarbeit bei 75 Watt eine Herzfrequenz von 98 Schlägen pro Minute und zählt in dieser 6. Minute 3 Extrasystolen. In diesem Falle erscheint es uns zulässig, eine Umrechnung auf 100 Pulsschläge durchzuführen. Anders sieht es bei den Ruhemessungen und bei den Belastungen, bei denen keine genaue zeitliche Normierung vorgenommen wurde, aus. Es erscheint fraglich, ob es erlaubt ist, daß, wenn in den 20 Sekunden der Ruhemessung 2 Extrasystolen auf 25 Herzaktionen fallen, 8 ES auf 100 Pulsschläge angenommen werden können.

WÜLFING (49) bezeichnet es als vertretbar, im telemetrischen EKG auftretende ST-Senken als Ischämiezeichen des Herzens zu werten. Dieser Ansicht schließen wir uns an, da auch bei unseren Untersuchungen die Ergebnisse der telemetrischen Aufzeichnung stets gut mit den bei der Probeergometrie (siehe S.6) elektrokardiographisch registrierten ST-Senken bei denselben Patienten korrelierten. Schwierigkeiten bereitete jedoch oftmals die Ausmessung der ST-Senken während der Belastung. ZÖLCH (50) weist darauf hin, daß Belastungsuntersuchungen durch die tachykardiebedingte Vorverlagerung der Repolarisation und die gerade im Bereich der ST-Strecke besonders störende Überlagerung von Muskelpotentialen in ihrer diagnostischen Aussage eingeengt werden. Da es bei unseren Werten jedoch lediglich auf die eventuellen Unterschiede der ST-Senken bei ein und demselben Patienten während verschiedener Belastungen ankommt, wurden die Tabellen 1, 2, 7, 8, 13, 14, 19, 20 in die Arbeit aufgenommen. In der Literatur wird oftmals auf die Digitaliswirkung im EKG hingewiesen (u.a. 31, 36). Sie äußert sich vor allem in einer Beschleunigung der Repolarisation. Dieser entspricht im Kurvenbild eine QT-Verkürzung mit gleichzeitiger muldenförmiger oder geradlinig abwärts verlaufender ST-Senkung, die gerade in Ableitung V5 und V6 besonders deutlich wird. Der Bedeutung der Digitalisbehandlung unserer Patienten wurde durch die Angabe dieser Medikation bei der Ergebnisdarstellung Rechnung getragen. Auf die Änderungen der Herzglykosidtherapie während der 4-wöchigen Kurzeit soll in dieser Arbeit nicht eingegangen werden (Näheres siehe KAINZINGER, 22). Ansteigende ST-Senken, die auch bei Gesunden vor allem bei einer Atemtachykardie auftreten können (36), wurden nicht gewertet. Da wir nur die

pathologischen Befunde $\geq 0,10$ mV festhielten, ist uns eine Durchschnittsbildung in Anlehnung an STEIN (38, 42) nicht möglich. Wir begnügen uns mit dem Vergleich der gemessenen Senkungen bei den einzelnen Untersuchungen.

Im Gegensatz zu SCHMIDT (32) konnten wir bei keiner unserer Belastungen einen Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz der Probanden und dem Auftreten der Ischämiereaktion im EKG feststellen. SCHMIDT beobachtet elektrokardiographische Zeichen einer Koronarinsuffizienz bei Herzfrequenzen zwischen 110 und 135 Schlägen pro Minute, die seine Probanden bei 100 Watt auf dem Fahrradergometer erreichen. Es liegt sicherlich an unseren niedrigeren Belastungsstufen, daß wir diesen Zusammenhang nicht nachweisen konnten.

b) Atmung :

Der Thermistorabnehmer, den wir an der Nase befestigten, behinderte die Probanden nicht, nachdem sie sich an ihn gewöhnt hatten. Er lieferte uns meist sehr gut verwertbare Frequenzkurven. In einem Fall jedoch hatten wir Schwierigkeiten : ein 49-jähriger Patient der Vergleichsgruppe, der seit Jahren Schnupfmittel gegen ständiges Kopfwiehe benutzte, war nicht fähig, durch die Nase zu atmen. In diesem Fall bietet es sich an, den Meßfühler am Mund zu befestigen. Diese Methode ist jedoch nur in Ausnahmefällen zu empfehlen, da sie wesentlich lästiger für die Testperson ist.

2. Volumenpuls :

Die Aufzeichnung des Volumenpulses scheint uns für eine Belastungsuntersuchung nicht geeignet. Obwohl wir großen Aufwand an Zeit und Geduld investierten, erhielten wir während der Bewegung eigentlich nur bei der Ergometrie, wo die wirklich kooperativen Probanden den Arm sehr ruhig hielten, einwandfreie Pulskurven. Während des Treppensteigens und des Wassertretens waren die Kurven sehr unruhig. Hier war zwar eine Auswertung der Verzögerungszeit stets möglich, die Form der Pulskurve konnte jedoch nicht mit ausreichender Sicherheit charakterisiert werden. Allein durch die Bewegung des Kabels kam es zu kapazitiv bedingten Spannungsschwankungen, die die Pulskurve überlagerten und verzerrten. Als sehr gut verwertbar erwiesen sich die Ruhemessungen. Besonders bewährt hat sich die zeitsynchrone Regi-

strierung mit dem EKG.

An dieser Stelle bietet es sich an, über den peripheren Volumenpuls im Zusammenhang mit Rhythmusstörungen einige Worte einzuflechten. Nach VÖLKER (48) ist die Leistungsfähigkeit des Herzmuskels beurteilbar nach der Form und Größe der extrasystolischen Volumenpulse.

"Es ergeben sich direkte Beziehungen zwischen dem Schweregrad einer bestimmten Herzinsuffizienz und der relativen Größe der pulsatorischen Füllungsschwankungen, die durch die einzelne Extrasystole in der arteriellen Peripherie verursacht werden."

Hierzu drei von uns beobachtete Fälle :

1. Fall : 50-jähriger Patient; Hinterwandinfarkt vor 4 Monaten; Der ventrikulären Extrasystole folgt in der Peripherie ein Extravolumenpuls mit verkleinerter Amplitude. Der folgende normale Volumenpuls zeigt eine geringgradig höhere Amplitude als die übrigen Volumenpulse, die auf normale Herzaktionen folgen. (Abb. 40)
2. Fall : 56-jähriger Patient; Hinterwandinfarkt vor 4 Monaten; Die Extrasystolen bleiben in der Peripherie frustran. (Abb. 41)
3. Fall : 53-jähriger Patient der Vergleichsgruppe; Bei 75 Watt in der 6. Minute der Ergometerbelastung kommt es zu absoluten Arrhythmie mit inäqualen peripheren Volumenpulsen. (Abb. 42)

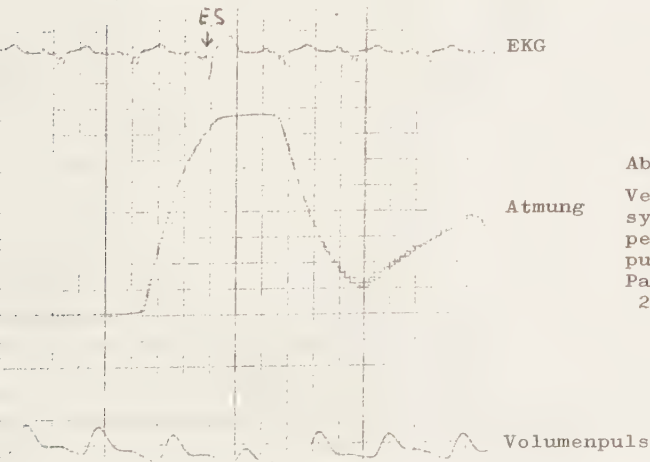


Abb. 40 :

Ventrikuläre Extrasystole (ES) mit peripherem Volumenpuls (Fall 1)
Papiervorschub
25 mm/sec

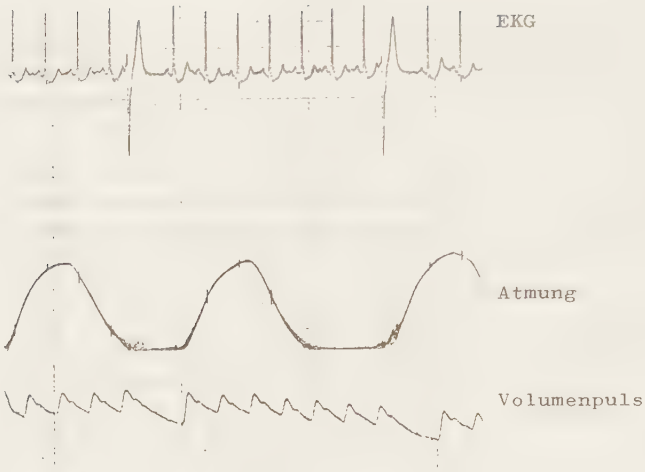


Abb. 41 : Frustranter peripherer Volumenpuls bei Extrasystolie (Fall 2)
Papiervorschub 10 mm/sec

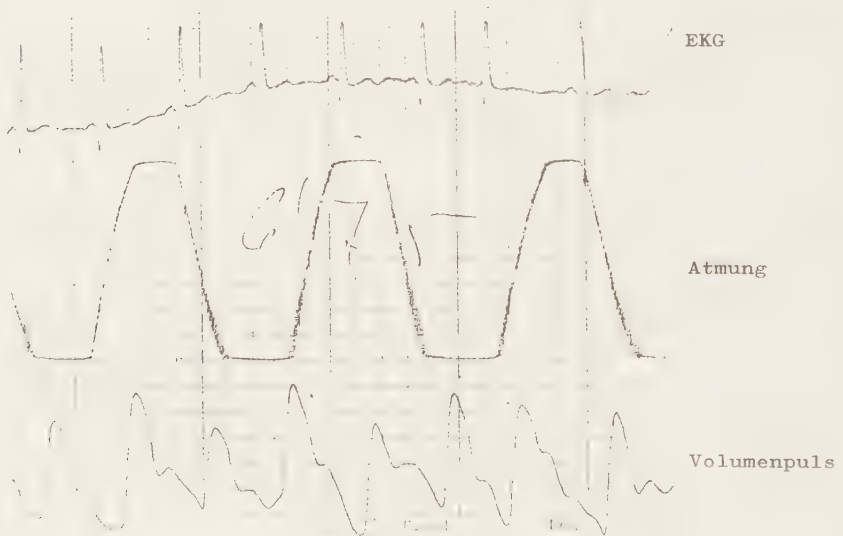


Abb. 42 : Inäqualer peripherer Volumenpuls bei Arrhythmia absoluta bei Belastung (Fall 3)
Papiervorschub 25 mm/sec

3. Blutdruck :

Die Fehlermöglichkeiten bei der auskultatorischen Blutdruckmessung nach Riva-Rocci sind hinlänglich bekannt. Da es uns jedoch nur auf die Änderungen des Blutdruckverhaltens durch die Belastung ankam, erschien uns dieses Verfahren dennoch vertretbar. Wegen der Vielzahl der Ergebnisse wurde der arterielle Mitteldruck (p_M) als Vereinfachung gebildet. GOTTHEINER (10) hat den großen Aussagewert des p_M durch das Ergebnis von Vergleichsuntersuchungen bei Jugendlichen und Infarktpatienten unterstrichen.

4. Herzminutenvolumen :

Es stellt nach HOLLMANN (15) bei Gesunden den entscheidend leistungslimitierenden Faktor dar. Obwohl seine Aussagekraft nach dem 50. Lebensjahr abnimmt, möchten wir es doch als weiteren Parameter für unsere Untersuchungen heranziehen. Wir konnten bei unseren Ergebnissen nur das reduzierte Amplituden-Frequenz-Produkt (siehe S.23) zur Bestimmung benützen. Bei diesem Verfahren wird eine Proportionalität des Schlagvolumens V_S zur Druckamplitude angenommen. MELLEROWICZ (28) weist darauf hin, daß die Beziehung zwischen V_S und dem Aortendruck nicht linear ist, so daß ein Anstieg des Schlagvolumens nicht ausreichend in der Druckamplitude erfaßt werden kann. Dennoch sind nach GAUER (7) brauchbare Anhaltspunkte für eine HMV-Änderung zu erhalten, wenn diese vorwiegend durch eine Änderung der Frequenz bedingt ist. Da es sich bei unseren Kollektiven um untrainierte Personen handelte, dürfen wir eine nur geringfügige Steigerung des Schlagvolumens mit deutlicherer Frequenzzunahme während der körperlichen Arbeit annehmen (37). In jedem Falle sollen die erhaltenen HMV-Äquivalentwerte nicht überbewertet werden. Sie können nur eine grobe Annäherung darstellen.

5. Peripherer Widerstand :

Ähnliches wie über die Aussagekraft des Herzminutenvolumens gesagt, gilt auch für den peripheren Widerstand W_p . Wir wollen dennoch nicht auf diesen Parameter verzichten, um im Zusammenhang mit der Pulsfrequenz und der Pulswellenverzögerung die Durchblutung im Muskel abschätzen zu können und damit den peripheren Kreislauf in unsere Betrachtungen miteinzubeziehen.

Wir erwarten bei körperlicher Arbeit eine Zunahme der Gefäßweite durch den sog. "Nutritionsreflex" (37) und damit eine Abnahme des peripheren Gesamtwiderstandes. Dies wird durch eine Weitstellung der präkapillären Sphinkteren, die den Hauptregulationsmechanismus des peripheren Widerstandes darstellen, erreicht. Interessant erscheint uns in diesem Zusammenhang, inwieweit die Pulswellengeschwindigkeit damit korreliert, und ob es zulässig ist, wie JUNGMAHN (19) aus der Pulswellengeschwindigkeit Rückschlüsse auf W_p zu ziehen. Wir werden versuchen, dies bei der Diskussion der Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen zu besprechen.

II. Auswahl der Kollektive :

Über die Zusammensetzung der Infarktgruppe gibt es wenig zu sagen. Die ausgewählten Patienten entsprachen in allen Punkten unseren Vorstellungen. Anders verhält es sich bei der Vergleichsgruppe. Sie sollte Herz-Kreislauf-gesund sein. Die meisten der von uns gewählten Probanden erfüllten diese Bedingung, jedoch stellte sich erst während der Untersuchungen heraus, daß dies nicht bei allen der Fall war. Dieses Faktum ist bei der Beurteilung der Ergebnisse zu beachten. Wir sind uns heute darüber im klaren, daß es empfehlenswert gewesen wäre, auch die Testpersonen, die für Gruppe 2 vorgesehen waren, vor den Telemetrieuntersuchungen einer Probeergometrie zu unterziehen.

III. Die einzelnen Untersuchungen :

1. Ergometrie :

Die Fahrradergometrie brachte keine technischen Schwierigkeiten mit sich. Die Patienten der Infarktgruppe kannten das Verfahren von der Probeergometrie und dem täglichen Übungsradfahren. Lediglich ein Patient gab wegen einer bekannten Claudicatio intermittens Beschwerden an, konnte aber die vorgegebene Belastung durchhalten. Obwohl die meisten Patienten wesentlich höher hätten belastet werden können, wurden lediglich 75 Watt als Maximum gewählt, um an alle untersuchten Personen die gleichen Anforderungen zu stellen.

2. Treppensteigen :

Das Treppensteigen fand im Hauptaufgang der LVA-Kurklinik, also in aller Öffentlichkeit statt. Es war vielen Testpersonen

unangenehm, wie ein "Astronaut" durch die Reihe der Zuschauer zu laufen; andere fühlten sich wohl in ihrer Rolle als Mittelpunkt der Aufmerksamkeit. In jedem Falle dürfte die Öffentlichkeit eine Beeinträchtigung und Aufregung für den Probanden dargestellt haben. Über die technischen Schwierigkeiten mit dem Volumenpuls wurde schon berichtet.

3. Gehen :

Als Teststrecke wurde ein gepflasterter Weg im Gelände der Kurklinik ausgewählt, der von den Probanden relativ unbehelligt zurückgelegt werden konnte. Hier wie auch beim Treppensteigen zeigte sich, daß auf ein striktes Einhalten der vom Metronom vorgegebenen Geschwindigkeit nicht immer Verlaß war. Manchen Patienten war es unmöglich, den Takt einzuhalten. Fiel uns dies bei der 1. Untersuchung auf, so begleitete bei den weiteren ein Untersucher mit dem Impulsgeber den Probanden. Durch derartige Unregelmäßigkeiten ist die große Schwankungsbreite der angegebenen Laufzeiten erklärlich. Bei der Gehbelastung bestanden ungleiche Bedingungen für die Probanden, da die Wettereinflüsse, die von Schneefall bis zu sommerlicher Wärme reichten, naturgemäß nicht ausgeschaltet werden konnten (18, 42).

4. Wassertreten :

Das Wassertreten ist wohl nur für eine telemetrische Untersuchung geeignet. Die Schwierigkeiten mit dem Volumenpuls wurden schon erwähnt. Die Blutdruckmessung beim Auf-der-Stelle-Treten ergab gute Ergebnisse. Beim Wassertreten hatten wir die größten Mühen, unsere Probanden zur Mitarbeit zu bewegen. Beim ersten Mal gingen alle noch ziemlich mutig ins Tretbecken, mit jeder Untersuchung nahm jedoch ihre Bereitwilligkeit ab.

B) Diskussion der Ergebnisse :

I. ERGOMETRIE :

Bei der Ergometrie lagen nahezu alle Parameter im erwarteten Bereich. Aus diesem Grunde sollen hier nicht sämtliche Ergebnisse in allen Einzelheiten diskutiert, sondern nur wenige Tatsachen herausgestellt werden.

1. Frequenz :

Wir erhielten nach 6 Minuten Ergometerbelastung bei 75 Watt eine mittlere Herzfrequenz für beide Gruppen von 104,5 Schlägen pro Minute. Das bedeutet eine Zunahme von 34,7 % gegenüber der Ruhe. Dieser Zuwachs ist geringer als bei WÜLFING (49) und JENSEN (17), die bei den Infarktpatienten eine Steigerung um 54 %, bei der Vergleichsgruppe um 43 % beobachteten. Allerdings belasten sie auf jeder Wattstufe 3 Minuten lang. Auch STEIN (38) ermittelte mit 113 Schlägen/min eine höhere Schlagfrequenz bei einem gleichaltrigen Patientengut. Diese Unterschiede scheinen uns nicht von Bedeutung zu sein; sie sind wohl lediglich auf die zufällige Zusammensetzung der Kollektive zurückzuführen.

2. Extrasystolen :

Wir finden bei unserer stufenweisen Ergometerbelastung bis 75 Watt wesentlich mehr Extrasystolen als bei den anderen Untersuchungen. Dies überrascht infolge der für alle Patienten submaximalen Leistungsstufe. STEIN (40) dagegen beobachtet bei der Ergometrie mit gleicher Wattzahl weniger Rhythmusstörungen als unter den Bedingungen des alltäglichen Lebens, beim Gehen und Treppensteigen. Es mag sein, daß hier die relativ hohe Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur im Wassertretraum (in dem unser Ergometer stand), die weit über den Empfehlungen von 18 bis 22° Raumtemperatur und einer Luftfeuchtigkeit <60 % liegen, eine Rolle spielen (11). Ferner ist zu berücksichtigen, daß in unserem einstündigen Versuchsprogramm die Ergometrie an der letzten Stelle stand, und somit die Probanden möglicherweise schon angestrengt waren. Da üblicherweise nur 20 Sekunden am Ende jeder Belastungsminute elektrokardiographisch registriert werden, erscheint es uns wichtig, darauf hinzuweisen, daß durch die telemetrische Dauerregistrierung auch bei der Fahrradergometrie eine größere Anzahl von Extrasystolen eingefangen werden kann. Vergleicht man die Prozentsätze an Extrasystolen bei unseren Untersuchungen mit denen von WÜLFING (49) und JENSEN (17) unter ähnlichen Bedingungen, so ergibt sich folgendes Bild für eine Belastung mit 75 Watt :

	Infarktpatienten	Vergleichsgruppe
Jensen	0,71 % (n = 25)	
Wülfing		0,43 % (n = 34)
eigene Untersuchungen	0,83 % (n = 60)	0,50 % (n = 56)

Man erkennt, daß die Herzinfarkt-rehabilitanden auf eine Belastung mit 75 Watt doch empfindlicher reagieren als die Vergleichsgruppe. Auffallend ist bei unseren Ergebnissen das unterschiedliche Verhalten beider Gruppen in der Erholungsphase. Für die Infarktgruppe scheint die Belastung den stärksten ES-provozierenden Reiz darzustellen. Schon in der 1. Minute der Erholungsphase sinkt die Zahl der Extrasystolen auf 100 Pulsschläge stark ab. Dies steht im Gegensatz zu den Erfahrungen von STEIN (43), der bei Koronarkranken gerade in der Erholungsphase nach der Ergometrie die meisten Extrasystolen beschreibt. Diesen Verlauf sehen wir bei unserer Vergleichsgruppe. Es wurden verschiedentlich Versuche unternommen, differentialdiagnostische Überlegungen an das Auftreten bzw. Unterbleiben von in Ruhe vorhandenen Extrasystolen während der Ergometrie zu knüpfen. HALHUBER (11) spricht davon, daß die unter Belastung auftretenden ES meist kardialer Ursache sind, während es sich viel wahrscheinlicher um eine extrakardiale Ursache handelt, wenn in Ruhe nachweisbare Extrasystolen unter der Ergometerbelastung verschwinden. Es läge nahe, diese Unterscheidung auf unsere beiden Kollektive anzuwenden. Der erste Punkt der Aussage trifft sicher zu: die bei der Infarktgruppe während der Belastung auftretenden ES sind mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit kardialen Ursprungs. Bei der Vergleichsgruppe tun wir uns mit der Beurteilung schwerer. Es ist anzunehmen, daß wir hier eine kombinierte Ätiologie vor uns haben, und sich primär kardiale und extrakardiale Ursachen bei der Mittelwertbildung überlagern.

3. Herzminutenvolumen :

Bei ansteigenden steady-state-Leistungen am Ergometer nimmt das Minutenvolumen des Herzens annähernd linear proportional zur Größe der Leistung zu (REINDELL zitiert nach 28). Diesen Effekt beobachten wir bei beiden Gruppen. Dennoch sehen wir Unterschiede : Gruppe 2 liegt beim 1. Meßpunkt einer Wattstufe stets höher als Gruppe 1, beim 2. dagegen niedriger (Ausnahme 6' 75 Watt). Man erkennt, daß die Vergleichsgruppe schneller

fähig ist, sich den neuen Verhältnissen anzupassen. Auch in der langsameren Abnahme des HMV-Wertes nach der Belastung bei Gruppe 1 sehen wir ein Zeichen für die geringere und vor allem verzögerte Anpassungsfähigkeit des infarktgeschädigten Herzens.

4. Durchblutung der Peripherie :

Während der körperlichen Arbeit kommt es zu einer Vasodilatation in den Muskelgefäßen. Dem tragen unsere erniedrigten Werte für W_p Rechnung. In Übereinstimmung damit steht die Pulswellencharakteristik. Die markantere Pulsform ist ebenfalls Ausdruck der Vasodilatation (48). Aus unseren Werten für die Pulswellenverzögerung erkennt man aber, daß bei einer Belastungsuntersuchung aus Pulsform und peripherem Widerstand kein direkter Rückschluß auf die Pulswellengeschwindigkeit gezogen werden kann. Bei gleichbleibender Herztätigkeit müßte die Herabsetzung des peripheren Widerstandes zu einer Verlangsamung des Blutstromes führen, da man davon ausgehen kann, daß sich die zwischen Herz und Peripherie befindlichen muskulären Gefäße in ihrem Lumen nicht oder nur unwesentlich erweitern. Es erscheint jedoch nicht zulässig, aus der Strömungsgeschwindigkeit Rückschlüsse auf die Pulswelle zu ziehen. Die Steigerung der Pulswellengeschwindigkeit ist vielmehr durch die Veränderung der Gefäßtonizität erklärlich.

Während der Belastung ergaben sich weder bei der Pulsform noch bei der Verzögerung oder der Widerstandsgröße über Zufälligkeiten hinausgehende Unterschiede zwischen den beiden Kollektiven.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß kaum Unterschiede bei dieser Belastung zwischen den Infarktpatienten und der Vergleichsgruppe bestehen, wenn man die über die gesamte Kurdauer gemittelten Ergebnisse betrachtet. Bei der Beobachtung des Kurverlaufes ergeben sich deutlichere Unterschiede (22). Es ist nicht Ziel dieser Arbeit, den eventuell unterschiedlichen Trainingseffekt der beiden Kollektive herauszustellen, der in die Gesamtergebnisse miteingeht.

II. TREPPENSTEIGEN :

1. Bestimmung der physikalischen Leistung :

Beim Treppensteigen muß das eigene Körpergewicht jeweils um eine volle Stufenhöhe nach oben bewegt werden. (23) Die Relation Herzleistung zu Körpergewicht ist für die maximale Leistung wesentlich. Aus diesen Gründen ist für vergleichende ergometrische Untersuchungen auch in submaximalen Leistungsbereichen die auf das Körpergewicht bezogene relativ gleiche Leistung geeignet (28). Da jedoch unsere Kollektive in bezug auf das Körpergewicht ziemlich homogen waren, soll hier nur eine Bestimmung der Leistung getrennt für die beiden Gruppen vorgenommen werden.

Die physikalische Leistung wird berechnet nach :

$$L = \frac{s \times K}{t} \quad [\text{mkp/sec}]$$

L = Leistung in mkp/sec

s = Weg, hier Höhe der gesamten Treppe in m

K = Kraft, hier Körpergewicht in kg

t = Laufzeit in sec

für Gruppe 1 ergibt sich :

$$L = 10,97 \quad [\text{mkp/sec}] \quad \hat{=} 107,61 \text{ Watt}$$

für Gruppe 2 ergibt sich :

$$L = 10,73 \quad [\text{mkp/sec}] \quad \hat{=} 105,25 \text{ Watt}$$

Es stellt sich nunmehr die Frage, inwieweit diese physikalisch errechnete Leistung der tatsächlichen biologischen Effektivität entspricht. Die Berechnung der Wattzahl für eine einzelne Stufe erscheint uns problematisch und wenig aussagekräftig, da es fraglich ist, ob die biologische Effektivität, gemessen z.B. an der Herzfrequenzsteigerung, linear mit der Anzahl der Stufen ansteigt.

Im nachfolgenden Vergleich der Ergebnisse beim Treppensteigen mit denen bei der Ergometrie soll versucht werden, den Meßdaten des Treppensteigens eine ergometrisch definierte Wattleistung zuzuordnen.

2. Vergleich der Ergebnisse beim Treppensteigen mit denen bei der Ergometrie :

a) Frequenz :

Nach unseren Untersuchungsergebnissen besteht kein Unterschied

im Frequenzverhalten der beiden Gruppen beim Treppensteigen, deshalb können hier beide Kollektive gemeinsam abgehandelt werden. Wir beobachteten am 1.Meßpunkt nach etwa drei Stufen bereits eine Pulsfrequenz von 87 Schlägen pro Minute. Bei der Ergometrie wird erst nach 2 Minuten bei 25 Watt eine Schlagzahl von 85/min erreicht. Dieser steile Frequenzanstieg ist nach STEIN (41) für Infarktpatienten ungünstig, da damit zu rechnen ist, daß zunehmend anaerobe Stoffwechselprozesse wirksam werden, und eine Sauerstoffschuld eintritt. Am 2.Meßpunkt, also kurz vor Beendigung der Belastung, erreichen unsere Probanden eine Frequenz von 103/min. Das kommt dem Wert von 104,5/min in der 6.Minute der Ergometrie nahe.

SCHMIDT (32) erhielt bei einem Kollektiv von 17 Koronarkranken beim Treppensteigen über 2 Stockwerke eine mittlere Herzfrequenz von 140/min; das bedeutet, daß das Treppensteigen eine höhere Frequenz zur Folge hatte als eine 100 Watt-Belastung am Ergometer. Dieser enorme Unterschied zwischen unseren Ergebnissen und denjenigen von SCHMIDT dürfte auf die unterschiedliche Geschwindigkeit des Steigens zurückzuführen sein. Während wir versuchten, das Tempo auf 80 Schritte pro Minute zu normieren, konnte dort jeder Proband seine Geschwindigkeit frei wählen.

Wir konnten während des Treppensteigens nicht das Erreichen eines steady-state beobachten; die Frequenz stieg mit der Steighöhe kontinuierlich an. Um dies anhand einer Graphik verdeutlichen zu können, wurde noch ein dritter Belastungswert zu Hälfte des Treppenanstiegs, also nach einer Steighöhe von 3,20 m ermittelt. Es ergab sich eine Frequenz von 95,7 Schlägen/min (gemittelt über die Kurdauer und alle Patienten).

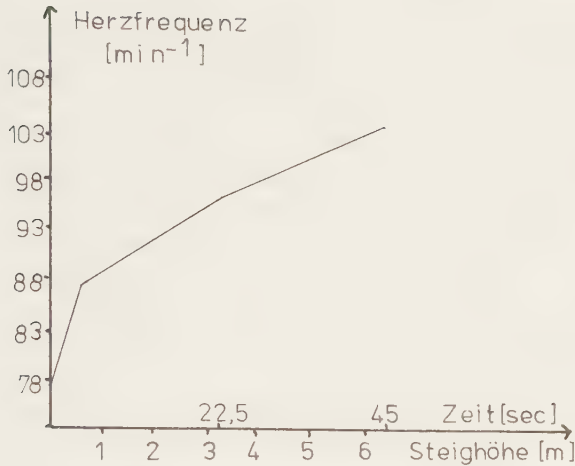


Abb. 43 :

Die Herzfrequenz [min⁻¹]
in Abhängigkeit von
der Steighöhe [m] und
der Zeit [sec] gemittelt
über beide Gruppen
und die Kurddauer
(n = 116)

Die Abbildung zeigt den steilen initialen Frequenzanstieg auf den ersten Stufen. Bei zunehmender Steighöhe wird die Frequenzzunahme geringer. Steighöhe und Herzfrequenz verhalten sich im beobachteten Bereich etwa linear proportional.

b) Extrasystolen :

Wir sehen bei beiden Gruppen in Ruhe mehr Extrasystolen als in Ruhe vor der Ergometrie. Hier darf man bei der Suche nach der Ätiologie einen psychischen Faktor sicherlich annehmen. Das Treppensteigen stand am Anfang unserer Untersuchungen, die Probanden hatten gerade die Elektroden angelegt bekommen und waren etwas aufgeregt. Während der Belastung sehen wir wieder denselben Unterschied zwischen den Kollektiven, der schon bei der Ergometrie aufgefallen war: Gruppe 1 zeigt einen Anstieg der Prozentzahlen an Extrasystolen auf maximal 0,53 %, bei Gruppe 2 nehmen sie dagegen stark ab. ZÖLCH(50) beobachtet während seiner Untersuchungsreihe bei keinem der 65 Arrhythmiepatienten eine sichere Zunahme der ektopen Impulse während des Treppenaufstiegs. Er deutet dieses Verhalten dahingehend, daß die sympathiko-adrenerge Stimulierung während körperlicher Belastung und die damit einhergehende Tachykardie den Einfall von Extrasystolen verhindern. Andererseits sei es offensichtlich, die Verschiebung der vegetativen Steuerung in Richtung Parasympathikus für die eindeutig gesteigerte Bereitschaft zu hetero-

tope Reizbildung unmittelbar nach Belastung- vor allem beim Treppenabstieg- verantwortlich zu machen. Zu diesem Teil seiner Interpretation können wir keine Aussage machen, da wir den Abstieg nicht telemetrisch registrierten. Beim Stehen nach dem Abstieg am unteren Treppenabsatz beobachteten wir für die Infarktgruppe ein, allerdings in der ersten Erholungsminute noch geringes Absinken der Prozentzahlen, die in der 3. und 5. Erholungsminute unter den Ausgangswert abfielen. Bei Gruppe 2 stieg der Wert der 1. Minute an, lag jedoch wesentlich niedriger als der Ruhewert. Nach unseren Erfahrungen müssen wir demnach der These von ZÖLCH strikt widersprechen; seine Beobachtungen lassen sich nicht auf unser Patientengut übertragen. Wir erhalten bei der Infarktgruppe einen Prozentsatz an ES, der demjenigen bei 3 Minuten 50 Watt der Fahrradergometerarbeit entspricht.

c) ST-Senken :

Wir beobachten bei der Infarktgruppe mehr Patienten mit ST-Senken als bei der Ergometrie. Bei diesen neu Hinzugekommenen wurden die ST-Strecken eindeutig durch die Belastung zu pathologischen Werten gesenkt (siehe Tab. 7). Da wir keine ausgeprägtere Tachykardie als bei der Fahrradergometrie antrafen und zudem nur descendierende oder horizontale ST-Senkungen registrierten, darf eine echte ischämische Reaktion angenommen werden. STEIN (42) beschreibt nicht nur eine Zunahme der Patientenzahl mit ST-Senken, sondern auch eine Intensivierung der Senkungen durch das Treppensteigen. Ein eindeutiger Trend ist bei unseren Untersuchungen nicht feststellbar, Gruppe 2 zeigt sogar deutlich weniger Senkungen als bei der Ergometrie. In diesem Unterschied zwischen den beiden Kollektiven sehen wir eine Bestätigung für die Tatsache, daß ein steiler Frequenzanstieg gerade am vorgeschädigten Herzen zu einer Sauerstoffschuld und damit zur Ischämiereaktion führt.

d) Volumenpuls :

Die Pulswellenverzögerung nimmt beim Treppensteigen im Vergleich zur Ergometrie stärker ab. Schon am 1. Meßpunkt entspricht die Verzögerungszeit in etwa 70 Watt bei der Ergometrie.

Aus der Pulsformcharakteristik kann man ablesen, daß das Treppensteigen einen geringeren Reiz für den peripheren Kreislauf darstellt als die Ergometerarbeit. Wir beobachten sowohl während der Belastung als auch in der Erholungsphase eine schwächere dikrote

Welle als bei der Ergometrie. Aus den unterschiedlichen Belastungswerten der beiden Gruppen dürfen keine Schlüsse gezogen werden, da die Werte der Infarktgruppe sehr fragwürdig erscheinen. Dies hängt jedoch weniger mit der Kreislauftsituation der Probanden als vielmehr mit ihrem psychischen Status zusammen. Die Infarktrehabilitanden waren meist unruhig, ängstlich und nervös. Das übertrug sich zwangsläufig auf unser anfälliges Meßinstrument.

e) Atmung :

Über den auffallend raschen Anstieg der Atemfrequenz wurde im Ergebnisteil bereits berichtet. Die Atemfrequenzzunahme am 1.Meßpunkt entspricht derjenigen bei 50 Watt Ergometerleistung. Am 2.Meßpunkt erreicht die Infarktgruppe dieselbe Steigerung wie bei 50 Watt während für die Vergleichsgruppe die Frequenzzunahme derjenigen bei der Ergometrie von 5 Minuten 75 Watt entspricht. Bei beiden Gruppen deutet sich nach dem 1.Meßpunkt ein Einpendeln auf einen neuen Wert, der um 4 Atemzüge pro Minute über dem Ruhewert liegt, an. Es wäre interessant, zu beobachten, wie lange dieser Wert während ständigen Treppensteigens gehalten werden kann.

f) Blutdruck :

Für die Infarktgruppe registrierten wir in der Erholungsphase systolisch annähernd genauso hohe Blutdruckwerte wie bei der Ergometrie. Die diastolischen Werte lagen niedriger, d.h. die Blutdruckamplitude war beim Stehen nach dem Treppenabstieg größer als beim Sitzen auf dem Fahrradergometer. Dies stimmt mit der physiologischen Regulation überein (11). Bei der Vergleichsgruppe sind sowohl die systolischen als auch die diastolischen Werte geringer als bei der Ergometrie. Die Blutdruckamplitude zeigt in etwa dasselbe Ausmaß.

Betrachtet man den Mitteldruck p_M , so liegt er nach dem Treppensteigen für beide Gruppen in der 1.Minute wesentlich niedriger als nach der Ergometrie. In der 3. und 5.Erholungsminute sind die Werte annähernd gleich für die Infarktgruppe. Die Mitteldrucke der Vergleichsgruppe sind stets geringer als diejenigen bei der Ergometrie. Aus den Blutdruckwerten allein ließe sich auf eine größere Anstrengung durch die Ergometrie schließen.

g) Zusätzliche Größen :

Beim Vergleich der HMV-Äquivalentwerte ergibt sich keine große Aussagemöglichkeit, da nur eine Gegenüberstellung der Erholungswerte möglich ist. Beide Kollektive, vor allem aber die Infarktgruppe, zeigen niedrigere Werte als bei der Ergometrie, worin wiederum der geringere Blutdruckanstieg seinen Ausdruck findet. Der periphere Widerstand ist in der Erholungsphase stärker herabgesetzt als bei der Ergometrie. Aus dieser Aussage läßt sich jedoch kein Rückschluß auf die peripheren Durchblutungsverhältnisse ziehen.

3. Versuch einer Definition der Herz-Kreislaufleistung in Watt beim Treppensteigen über 2 Stockwerke :

KÖHLER und LANG (26) beschreiben den Einsatz des Treppensteigens als Belastungstraining für den Herzkranken während der Rehabilitation. Sie geben an, daß das Treppensteigen genau in Watt definierbar sei. Leider fehlen Angaben über die ermittelte Wattzahl. Auch auf eine persönliche Anfrage konnte Professor Lang keine genaueren Angaben machen (27).

In der Abbildung 44 haben wir nochmals die Ergebnisse bei unseren Treppensteiguntersuchungen denen bei der 50 und 75 Watt Ergometerleistung gegenübergestellt. Man kann daraus entnehmen, daß praktisch alle Parameter, die während der Belastung ermittelt werden konnten, auf eine gleichartige Herz-Kreislauf-Leistung hindeuten. In der Abbildung wurde kein Unterschied zwischen den Kollektiven gemacht, da dieser nicht durch die dargestellten Meßgrößen erfaßt wird. Die größere Anstrengung für die Infarktpatienten kommt durch die erhöhte Anzahl an Extrasystolen und die vermehrten ST-Senkungen zum Ausdruck. Man erkennt daran, daß die Registrierung des Frequenzverhaltens allein sicher keinen Rückschluß auf die Belastung zuläßt.

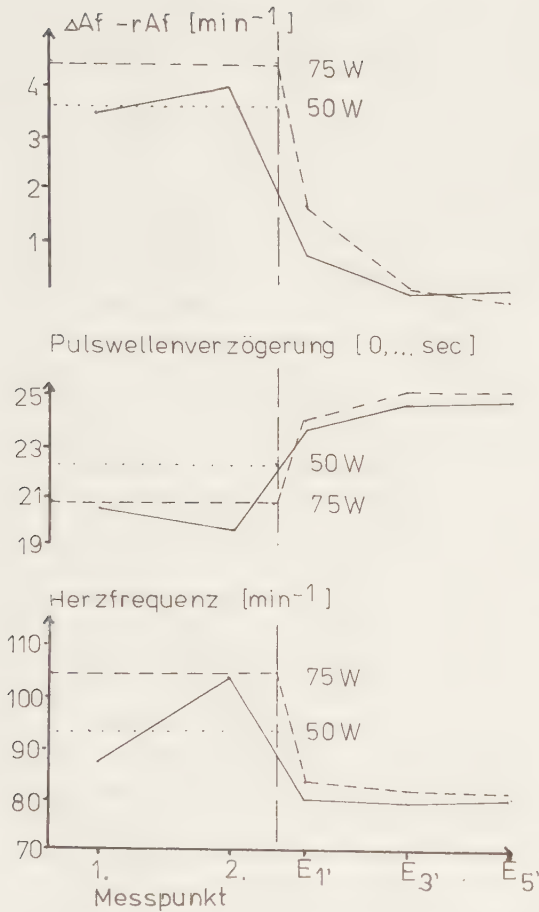


Abb. 44 :

Herzfrequenz [min^{-1}],
 Atmung [min^{-1}] und
 Pulswellenverzögerung
 [0,...sec] beim Treppen-
 steigen im Vergleich
 zur Ergometrie

— = Treppensteigen
 = 50 Watt
 ---- = 75 Watt

Aus der Vielzahl unserer Parameter nehmen wir die Berechtigung festzustellen, daß unter den gegebenen Versuchsbedingungen das Treppensteigen über 2 Stockwerke mit einer Schrittzahl von 80/min einer Ergometerleistung von 75 Watt nahekommt. Wir erhalten also eine relative biologische Leistung, die niedriger ist als die berechnete physikalische, das bedeutet, daß bei der gleichen physikalischen Leistung die Ergometerarbeit eine relativ höhere Herz-Kreislauf-Leistung erfordert. Diese Aussage gilt uneingeschränkt für die Vergleichsgruppe. Bei der Infarktgruppe

ist wegen des steilen Frequenzanstiegs beim Treppensteigen Vorsicht geboten. Eine Überwachung eines Patienten, bei dem ST-Senken bekannt sind, erscheint unbedingt erforderlich.

4. Ist das Treppensteigen als Training für Infarktpatienten einsetzbar ?

HÜLLEMANN (16) beschreibt die Steigbelastung auf der Treppe als Ersatz für Sportübungen bei Infarktpatienten in der Rehabilitation. Auch KÖHLER und LANG (26) setzen das Treppensteigen gezielt als körperliches Training ein. Für das Erzielen eines kardiovaskulären therapeutischen Effektes ist jedoch eine Herzfrequenz von mindestens 180 Schlägen minus Lebensalter (in Jahren) pro Minute erforderlich, das bedeutet bei der Altersstufe unserer Patienten ungefähr 130 Schläge/min (32). Diese Frequenz wird von unserem Kollektiv nicht erreicht. Dennoch erscheint es uns möglich, im Einzelfall die zum Erreichen der effektiven Pulszahl führenden veränderlichen Parameter wie die Anzahl der zu steigenden Stufen und die Geschwindigkeit so zu variieren, daß der gewünschte therapeutische Effekt erzielt, eine Schädigung jedoch vermieden wird. Genauso wie der Übungsergometrie eine Probeergometrie bis zur Belastbarkeitsgrenze des Probanden vorangeht, sollte auch hier unter telemetrischer Überwachung ein Belastungstest vorgenommen werden. Wir schließen uns der Meinung von KÖHLER und LANG (26) an, die Labortests wie den MASTER-Stufentest oder die Kletterstufe nach KALTENBACH und KLEPZIG nicht für eine Übungstherapie während der Rehabilitationszeit für geeignet halten. Den Patienten soll die Wiedereingliederung in ein normales Leben ermöglicht werden. Je alltäglicher ihnen die dazu verschriebenen Übungsmethoden erscheinen, umso lieber werden sie sie akzeptieren und durch das Training das Zutrauen in die eigene Leistungsfähigkeit wiedererlangen. Aus diesen Gedanken heraus würden wir es für sinnvoll erachten, das Treppensteigen in die tägliche Übungstherapie aufzunehmen.

III. GEHEN auf ebener Strecke :

1. Bestimmung der physikalischen Leistung :

Für das Gehen auf ebener Erde kann man die Formel $\text{Leistung} = \frac{K \times s}{t}$ nicht anwenden. Die Arbeit beim Gehen setzt sich aus Reibungsarbeit und Hubarbeit des Körperschwerpunktes in Form einer Auf- und Abbewegung zusammen; diese hebt sich bei rein physikalischer Betrachtung jedoch auf. Eine Berechnung der Leistung analog zu Punkt II.1. dieser Diskussion ist deshalb nicht möglich.

GLASOW und MÜLLER (8) unternahmen den Versuch, den physiologischen Prozeß des Gehens exakt zu berechnen. Sie geben einen Energieverbrauch von 0,5 cal je Meter Weg und kg Körpergewicht beim Gehen mit einer Geschwindigkeit von 3 bis 5 km/h auf einer ideal ebenen Strecke an. Schon auf einer asphaltierten Chaussee beschreiben sie eine Erhöhung des Verbrauchs um 20 %.

Die näherungsweise Berechnung dieses idealisierten Wertes bei unserer Untersuchung ergibt für Gruppe 1 :

$E = 0,5 \times 195 \times 77,3 = 7536,75 \text{ [cal]}$, das entspricht 3218,19 kpm und pro Sekunde einem Verbrauch von 13,13 [mkp/sec] $\hat{=}$ 128,6 Watt für Gruppe 2 :

$E = 0,5 \times 195 \times 75,1 = 7322,25 \text{ [cal]}$, das entspricht 3126,6 kpm und pro Sekunde einem Verbrauch von 12,67 [mkp/sec] $\hat{=}$ 124 Watt

MILZ (29) kommt bei seinen Untersuchungen auf wesentlich niedrigere Werte. Er gibt für eine ebene Wegstrecke mit glattem Boden bei einem Tempo von 4,2 km/h für einen Probanden mit 70 kg Körpergewicht eine energetische Aufwendung von 25 Watt/min an, gemessen am O_2 -Verbrauch und der Kalorienzahl. Obwohl wir eine deutlich geringere Gehgeschwindigkeit wählten, können diese Werte als Richtmaß gelten.

2. Vergleich der Ergebnisse beim Gehen mit denen bei der Ergometrie :

a) Frequenz :

Beide Gruppen erreichen ihren höchsten Frequenzanstieg beim Start zur 195 m langen Gehstrecke. Diese Frequenz entspricht nur der Frequenz bei 25 Watt auf dem Fahrradergometer. Nach 210'' sind die Werte sogar niedriger als bei 25 Watt. Die Frequenzzunahme gegenüber der Ruhefrequenz beträgt lediglich 8,3 %. STEIN (38) beschreibt, daß es bereits bei einer Minute langem Gehen auf

ebener Strecke bei Infarktpatienten zu einer Pulsfrequenzsteigerung kommt, die in den meisten Fällen über 70 % der auf dem Fahrradergometer erreichten maximalen Herzfrequenz liegt und die Ruhefrequenz im Mittel um 50 % übersteigt. Die von ihm beobachtete Herzfrequenz von 100/min entspricht fast der bei 75 Watt. Diese Werte kann man nur bedingt mit unseren vergleichen. Die Messungen von STEIN wurden bei normalem Gehtempo (ca. 5 km/h) vorgenommen und überdies während einer Gehstrecke auf dem Strand ermittelt. Beim Gehen im Sand (8, 29) erhöht sich der Energieumsatz um ein Vielfaches, die zu erbringende Leistung liegt wesentlich höher.

An anderer Stelle beschreibt derselbe Autor (41) den langsamen Frequenzanstieg beim Gehen auf ebener Strecke, der nach 3 Minuten Werte zeigt, die einer Ergometerbelastung von 50 Watt entsprechen. Hier wurde ein Gehtempo von 5,28 km/h vorgegeben. Man kann daraus die große Abhängigkeit der Belastung von der Schrittgeschwindigkeit ablesen.

SCHMIDT (32) erhält bei selbstgewähltem Tempo der Probanden beim halbstündigen Spazierengehen in der Ebene eine Herzfrequenz von 108/min. Vergleicht man seine Aussagen mit denen von STEIN, dessen Probanden lediglich eine Strecke von 264 m zurücklegten, so zeigt sich, daß sich die Herzfrequenz schon auf den ersten Metern auf eine bestimmte Höhe einpendelt und dann durch weiteres Gehen in der Ebene nur noch geringfügig angehoben wird. Auch wir beobachten eine Änderung um nur einen Schlag pro Minute zwischen der Messung nach 90 sec und der nach 210 sec Laufzeit, können also zustimmen, daß die Herzfrequenz bald eine gleichbleibende Höhe erreicht.

b) Extrasystolen :

Beim Vergleich der Rhythmusstörungen sollen die beiden Gruppen einzeln abgehandelt werden.

In der Infarktgruppe beobachten wir bei relativ vielen Patienten Extrasystolen, es sind jedoch zahlenmäßig erheblich weniger als bei der Ergometrie. Der Prozentsatz von 0,29 %, den Gruppe 1 am Start erreicht, liegt genau zwischen den Werten bei 25 und denen bei 50 Watt. Während der weiteren Belastung nimmt die Anzahl an Extrasystolen im Gegensatz zur Ergometrie wieder ab. Anders ist das Bild in der Vergleichsgruppe. Auffallend viele Extrasystolen

registrierten wir nach 90 und 150 Sekunden. Der Prozentsatz von 0,48 % wird bei der Ergometrie bei 25 und bei 75 Watt erreicht. Man muß jedoch hinzufügen, daß die beim Gehen (90'' und 150'') aufgezeichneten ES alle von einem Patienten stammen, und man dieses Ergebnis nicht ohne Vorbehalt auf die ganze Gruppe übertragen darf. In der Erholungsphase zeigt Gruppe 2 mit Ausnahme des Patienten 012 einige wenige Extrasystolen. Läßt man diesen Patienten außer acht, so haben wir einen ähnlichen Verlauf vor uns wie bei der Ergometrie: während der Belastung keine, in Ruhe einige wenige Extrasystolen. Wir können STEIN (40) wiederum nicht bestätigen, der beim Gehen eine größere prozentuale Häufung von ES beobachtet als bei der Ergometrie. Inwieweit hier das thermische Milieu eine Rolle spielt, kann aus unseren Untersuchungsergebnissen nicht geklärt werden.

c) ST-Senkungen :

Gruppe 2 weist auch hier deutlich weniger ST-Senken auf als die Infarktgruppe. Bei keinem der Kollektive ist ein eindeutiger Trend zu einer Vermehrung oder Vertiefung der Senken gegenüber der Ergometrie zu bemerken. STEIN (38) beobachtete deutlich intensivere ST-T-Veränderungen bei der Ergometrie, die sich beim Gehen nicht im gleichen Maß darstellten. Auch diese Veränderung konnten wir bei unseren Probanden nicht feststellen. Das Ausmaß der ST-Senken scheint bei ihnen relativ unabhängig vom exogenen Belastungsreiz zu sein.

d) Volumenpuls :

Der periphere Puls wurde nur der Vollständigkeit halber auf einer 10 m langen Strecke registriert. Auf die Fragwürdigkeit dieser kurzen Strecke als repräsentative Belastungsprüfung für das Gehen wurde bereits hingewiesen.

Die ermittelte Pulswellenverzögerung entspricht für Gruppe 2 derjenigen bei 50 Watt, Gruppe 1 reagiert nicht in gleich starkem Umfang. Die Erholungswerte nach der gesamten Strecke liegen deutlich über den Ausgangswerten, d. h. die Pulswellengeschwindigkeit hat abgenommen.

Während der Belastung sehen wir sofort eine Verstärkung der Dikrotie. Die Werte liegen wesentlich niedriger als bei der Ergometerbelastung. In der 1. Erholungsminute ist die Dikrotie schwächer als bei der Vergleichsuntersuchung. Das läßt sich

darauf zurückführen, daß der Verstärker bei erneutem Anlegen des Pulsabnehmers anfangs übersteuerte und eine gewisse Zeit benötigte, um exakte Kurven zu liefern. Auf die Frage der Durchblutung der Peripherie wird in Punkt g eingegangen.

e) Atemfrequenz :

Die Anzahl der Atemzüge pro Minute pendelt während der ganzen Gehbelastung bei beiden Gruppen um einen Wert von 23/min. Hierin findet die Gleichmäßigkeit der Belastung ihren Ausdruck. Der Wert entspricht der Ergometerfrequenz bei 25 Watt.

f) Blutdruck :

Die systolischen und diastolischen Werte sind in der 1. Erholungsminute deutlich weniger erhöht als nach der Ergometrie. In der 3. und 5. Erholungsminute liegen alle Werte eng beisammen. Wieder bieten beide Gruppen ein einheitliches Bild. Betrachtet man die Mitteldrucke, so liegt die 1. Erholungsminute des Gehens unter der bei der Ergometrie, die 3. Erholungsminute dagegen darüber. Insgesamt beobachten wir beim Gehen wesentlich geringere Blutdruckschwankungen, was der Größe der Belastung durchaus entspricht.

g) Zusätzliche Größen :

Das nach der Belastung kaum erhöhte Herzminutenvolumen ist auf die geringe Steigerung der Herzfrequenz zurückzuführen. Die Widerstandswerte sind erniedrigt. Betrachtet man auch hier wieder die peripheren Kreislaufparameter nebeneinander, so verlaufen diese erstmals gleichsinnig: der periphere Gesamtwiderstand sinkt in der Erholungsphase, gleichzeitig fällt die Pulswellengeschwindigkeit ab. Die schwache dikrote Welle der 1. Erholungsminute darf aus oben genannten Gründen nicht überbewertet werden. Wir erkennen daraus, daß diese Größen sich umso mehr gegenseitig bedingen, je weniger wir von Belastungseinflüssen merken, d.h. je weniger sich das Durchflußvolumen pro Zeiteinheit ändert.

3. Versuch einer Definition der Herz- Kreislaufleistung in Watt beim Gehen auf ebener Strecke :

Nach KÖHLER und LANG (26) ist auch das Gehen auf ebener Strecke genau in Watt definierbar. Wir konnten beim Gehen nur die Atemfrequenz und die Herztätigkeit während der ganzen Belastung registrieren. Aus diesen Werten ergibt sich, daß die Gehbelastung

mit dem Tempo von 2,85 km/h eine sehr geringe Anstrengung darstellt. Die Werte entsprechen denen einer Ergometerleistung von 25 Watt. Dabei besteht kein Unterschied zwischen den beiden Kollektiven. Diese von uns ermittelten Daten stehen in Übereinstimmung zu dem Watt-Äquivalentwert von 25 Watt, der in der Literatur für langsames Gehen auf dem Laufband angegeben wird. Für schnelleres Gehen wurden 50 Watt ermittelt (41). MILZ (29) gibt 25 Watt für Gehen mit 4,2 km/h an. STEIN (38,41) und HILLE (14) beschreiben - bei relativ hoher Gehgeschwindigkeit - wesentliche Abweichungen von diesen Werten, die sie auf die physiologischen Mitbewegungen der Rumpf- und Armmuskulatur zurückführen, die beim Gehen im Gelände im Gegensatz zur Laufbandarbeit auftreten, wo nur kleine Auf- und Abbewegungen bei jedem Schritt, abhängig von der Koordinationsfähigkeit des Probanden, durchgeführt werden. Bei unserer langsamen Geschwindigkeit traten die Mitbewegungen von Rumpf und Armen in den Hintergrund; die Probanden hielten den Oberkörper nahezu ruhig. Deshalb und auch weil wir das Schrittempo normierten und dadurch eine relativ gleichmäßige Bewegungsform erzielen konnten, erscheint uns die Übertragung der Laufbandergebnisse auf das Verhalten unserer Personen im Freiland möglich.

4. Ist das Gehen als Training für Infarktpatienten einsetzbar ?

Das Gehen in der Ebene führte bei uns wie auch bei den anderen Autoren (32,38,41) zu keiner solchen Steigerung der Herzfrequenz, daß primär hämodynamisch günstige Wirkungen im Sinne eines Trainingseffekts auf das Herz- Kreislaufsystem zu erwarten sind (32). Wir stimmen mit SCHMIDT (32) überein, wenn er schreibt: "Diese Bewegungsform ist daher nicht als Reiz zur Leistungssteigerung anzusehen, sondern als eine Vorstufe dazu und als eine Übung zum Wiedererwecken des Gefühls zum eigenen körperlichen Leistungsvermögen für den Rekonvaleszenten oder den Patienten überhaupt". Anders liegen die Verhältnisse beim Gehen mit Steigungen, das zu untersuchen allerdings nicht Ziel dieser Arbeit ist.

CHRISTMANN (2) hat versucht, eine Möglichkeit zur exakten Dosierung mit Hilfe einer Normierung der Schrittzahl zu geben. Auch SCHMIDT (32) und HILLE (14) schreiben dem Gehen mit Steigungen einen kardiotherapeutischen Effekt bei der Rehabilitation Herzkranker zu. In der Praxis beobachtete HILLE, daß einerseits den

Patienten dann, wenn er unbeeinflusst auf Übungswegen trainieren kann, autoregulative Mechanismen vor Überbelastung schützen, wenngleich auf diese Bremsen beim leistungsungewohnten Menschen kein Verlaß ist. Auf der anderen Seite dürfte es aber relativ schwierig sein, bei Alleingängen einen dosierten Trainingseffekt zu erzielen, hierfür empfiehlt sich das Gruppentraining mit einem erfahrenen Schrittmacher.

Weitere Möglichkeiten zu einer effektiven Übungstherapie bestehen im Intervalltraining und in sogenannten Vitaparcours (11), also in der Kombination aus Gehen und gymnastischen Übungen. Bei beiden Übungsformen kommt es jedoch wiederum zu starken Frequenzanstiegen (41,38), die sich als ungünstig für Infarktpatienten erwiesen haben (siehe Treppensteigen). Insofern scheint uns die gleichmäßigere Form der Gehbelastung mit Steigungen gerade für Infarktpatienten risikoloser anwendbar.

IV. WASSERTRETEN :

1. Analyse der Belastung :

Das Wassertreten nach KNEIPP stellt keine einheitliche Belastung dar. Hier wirken körperliche Arbeit und Kaltreiz zusammen. Inwieweit diese beiden Parameter sich gegenseitig addieren, sich widersprechen oder einander überlagern, kann durch unsere Untersuchungen nicht geklärt werden. Es wird nur bei wenigen der nachfolgenden Ergebnisse möglich sein, sie eindeutig auf die körperliche Bewegung oder das kalte Wasser zurückzuführen. Da es jedoch in dieser Arbeit auf die Untersuchung der Kneippanwendung "Wassertreten" insgesamt ankommt, erscheint uns eine Zerlegung in die beiden Faktoren nicht erforderlich.

2. Vergleich der Ergebnisse beim Wassertreten mit denen bei der Ergometrie :

a) Frequenz:

Im Frequenzverhalten der beiden Kollektive ließ sich wiederum kein signifikanter Unterschied sichern. Die erreichte Frequenz von 88 Schlägen pro Minute liegt zwischen der bei 25 und 50 Watt der Ergometerbelastung. Die Erholungsfrequenzen sinken nur bei Gruppe 2 um nicht einmal 2 Schläge pro Minute unter den Ausgangs-

wert. Wir können also während der Belastung und in der 5-minütigen Beobachtungsphase der Erholung keine Kältebradykardie nachweisen. In der Literatur besteht keine einhellige Meinung über den Einfluß des kalten Wassers auf die Herzfrequenz. Die meisten Autoren (u.a. 5,19,20) sprechen von einer Pulsverlangsamung. JUNGSMANN (20) macht jedoch einen Unterschied zwischen alten und jungen Versuchspersonen. Bei jungen stellt er eine Bradykardie, bei älteren im Gegensatz dazu eine Pulsfrequenzzunahme fest. Da unsere Patienten eindeutig den letzteren zugehörig sind, überrascht der von uns beobachtete Frequenzanstieg nicht. Auch FRANKKE et al. (6) beschreiben bei kalten Güssen einen Frequenzanstieg. WÜLFING (49) und JENSEN (17) registrierten ebenfalls bei ihren Schwimmversuchen bereits beim Hineingehen ins ca. 12° kalte Wasser einen deutlichen Frequenzanstieg. Beim Waten in der Ostsee mit Wassertemperaturen von 0° bis +3° beschreibt STEIN (42) eine Frequenzsteigerung um 10 %. Dieser Wert kommt unseren Ergebnissen sehr nahe. Die Frequenzsteigerung der beiden Kollektive betrug im Mittel 12,8% (bis zum 3.Meßpunkt). Ein großer Teil des Frequenzanstieges dürfte auf die Tretbewegung zurückzuführen sein. Doch auch ein Kältereiz läßt sich als Mitursache der Frequenzsteigerung nicht ausschließen, da JUNGSMANN und STEIN (21) beim Baden im Seewasser (16°) signifikant höhere Pulsfrequenzen beobachteten als im Hallenbad (25°), wo dieselben Schwebbewegungen durchgeführt wurden.

b) Extrasystolen:

Gruppe 1 zeigt etwas mehr Extrasystolen als beim Gehen, jedoch erheblich weniger als beim Treppensteigen und bei der Ergometrie. Der anfänglich erreichte Prozentsatz von 0,63% liegt zwischen den Größen bei 50 und 75 Watt. Bei vergleichbaren Pulsfrequenzen beobachten wir mehr ES als bei der Ergometrie. Der starke Anstieg des Prozentsatzes bei den Infarktpatienten darf nicht überbewertet werden, da er nur auf einen Patienten (108) zurückzuführen ist. Anders als bei der Ergometrie nimmt die Zahl der Extrasystolen mit der Dauer der Belastung ab. Die Vergleichsgruppe weist beim Wassertreten die wenigsten Extrasystolen auf. In der Erholungsphase liegen beide Gruppen unter ihrem Ausgangswert, jedoch beobachten wir hier bei den Infarktpatienten mehr Rhythmusstörungen als nach der Ergometrie. JUNGSMANN (21) stellt am

Übergang vom Haus in die Kälte eine geringe Steigerung an Extrasystolen fest. STEIN (42) sieht beim Waten in der Ostsee kein vermehrtes Auftreten von Rhythmusstörungen. Ebensowenig traten beim kalten Duschen oder im Tauchbad nach dem Saunabesuch bei Infarktpatienten vermehrt Extrasystolen auf (43). Der Autor nennt allerdings als Voraussetzung dafür, daß starkes Pressen vermieden wird. Auch FRANKE et al. (6) führen die Extrasystolen, die sie bei Anwendung kalter Güsse beobachteten, nicht auf den Kaltwasserreiz, sondern auf einen versuchsbedingten reflektorischen Atemstillstand und damit verbundenes Pressen zurück. WÜLFING (49) und JENSEN (17) können ebenfalls sowohl bei Herzgesunden als auch bei Infarktpatienten keinen Einfluß der Wassertemperatur auf die Stärke der Extrasystolie nachweisen. In Übereinstimmung mit diesen Autoren kommen auch wir zu dem Ergebnis, daß der Kältereiz nicht zu einem vermehrten Auftreten von Herzrhythmusstörungen führt. Der Fall des Patienten 108 der Infarktgruppe, der einen starken Anstieg an ES zu Beginn des Wassertretens zeigt, stellt jedoch eine Warnung dar, die Wirkung dieser Anwendung im Einzelfall genau zu prüfen.

c) ST-Senken:

Wir sehen bei weniger Patienten ST-Senkungen als bei der Ergometrie, man muß hierbei jedoch beachten, daß unsere Gruppen kleiner geworden sind. In der Vergleichsgruppe ist die Anzahl der pathologischen Senken deutlich verringert. Beide Kollektive weisen weniger stark ausgeprägte ST-Senken auf als bei der Ergometrie. Das steht im Gegensatz zu den Beobachtungen von STEIN (42), der fand, daß beim Waten im kalten Wasser die ST-Senkungen innerhalb einer Minute deutlich zunahmen. Auch JUNGMAN (21) beobachtete ausgeprägtere ST-Senken beim Baden im kalten als im warmen Wasser. WÜLFING (49) und JENSEN (17) dagegen konnten keinen statistisch gesicherten Unterschied zwischen ihrem Hallen- und dem Seeschwimmversuch feststellen, so daß ein gesicherter Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der ST-Senkungen und der Temperatur nicht aufgestellt werden konnte.

Für die zwei Infarktpatienten, die wegen angeblicher Stenokardien ausgeschlossen wurden, ergab sich folgendes Bild :

1. Patient 103 : 55 Jahre; Infarktalter 27 Monate

		Meßpunkt			Erholung		
	Ruhe	1.	2.	3.	1'	3'	5'
1.Woche	0,10				0,10	0,10	

ST-Senken von 0,10 mV und mehr zeigte dieser Patient auch bei der Ergometrie, beim Treppensteigen und beim Gehen, so daß mit ihrem Auftreten beim Wassertreten die Stenokardien nicht erklärt werden können.

2. Patient 112 : 58 Jahre; Infarktalter 10 Monate

Dieser Patient zeigte keine Ischämiezeichen im EKG.

In beiden Fällen handelte es sich um übervorsichtige Patienten, die seit dem Infarktereignis auf äußerste Schonung bedacht waren und darin auch vom Hausarzt unterstützt wurden. Wir halten die hier angegebenen pektanginösen Beschwerden für einen "Suggestivschmerz" nach der Definition von GOTTHEINER (10). Dabei ist uns sehr wohl bewußt, daß das EKG kein sicherer Indikator für die Echtheit eines anginösen Schmerzes ist. Deshalb wurden diese Patienten, die ansonsten keine von der Norm abweichenden Werte zeigten, sofort von den weiteren Wassertretuntersuchungen freigestellt.

d) Volumenpuls:

Die Pulswellenverzögerung sinkt bei beiden Gruppen stark ab. Die Infarktgruppe kommt dabei auf Werte, die denen zwischen 50 und 75 Watt Ergometerleistung entsprechen. Die Werte der Vergleichsgruppe treten bei 50 Watt auf. In der Erholungsphase, vor allem in der 3.Minute, beobachten wir eine deutliche Verlangsamung der Pulswelle. Auch JUNGMAN (19) beschreibt eine Beschleunigung der Pulswellengeschwindigkeit im Rumpf und den Beinen während kühler Bäder, allerdings blieben die Kreislaufveränderungen über eine halbe Stunde nach dem Bad bestehen.

Betrachten wir die Pulsform, so sehen wir während der Belastung eine Abschwächung der Dikrotie, die allerdings in der 1.Erholungsminute bereits wieder rückgängig gemacht wird und in der 3. und 5.Minute sogar ins Gegenteil verkehrt. Nach VÖLKER (48) bestehen die Änderungen der Pulsform bei einem Kaltreiz in einer Verflachung der Pulse, im Aufwärtsrücken der dikroten Welle und

in einer Konvexität des absteigenden Schenkels nach oben. Dieses bei unseren Untersuchungen beobachtete Bild sehen wir als Ausdruck der konsensuellen Vasokonstriktion in der Endstrombahn des linken Zeigefingers an (25). Die Verdeutlichung der Dikrotie in der 3. Erholungsminute entspricht der gegenregulatorischen Vasodilatation. Das stimmt mit der Beobachtung des Maximalwertes der reaktiven Hyperämie der Beine nach 3 Minuten überein. JUNGSMANN (19) registriert eine wesentliche Verstärkung der Dikrotie im Femoralis- und Fußpuls. Dieser Unterschied ist sicherlich nicht damit abzutun, daß sich unsere Probanden im kalten Wasser bewegten, da wir im Gegenteil eine Verstärkung der Dikrotie bei allen unseren Bewegungstesten als Ausdruck der dadurch bedingten Vasodilatation aufzeigten. Wir sehen vielmehr, daß die Verhältnisse in den großen Gefäßen und in der Endstrombahn einander durchaus nicht entsprechen müssen. Bei unseren Messungen bewirkt der vorgeschaltete Widerstand eine Dämpfung der Pulswelle, die JUNGSMANN in den großen muskulären Gefäßen nicht erfassen konnte.

e) Atemfrequenz :

Der Atemfrequenzanstieg ist beim Wassertreten enorm hoch. Für die Vergleichsgruppe entspricht er mit 4,7 Atemzügen pro Minute demjenigen nach 6 Minuten Ergometerarbeit bei 75 Watt. Die Infarktgruppe zeigt einen noch wesentlich höheren Anstieg mit 9 Zügen pro Minute zu Beginn und 7,2 am Ende der Belastung. SCHNEIDER (33) beobachtet eine Hyperventilation bei kalten Güssen erst proximal des Kniegelenkes; peripher zeigt sich nur eine undeutliche Wirkung. Auffallend ist bei unseren Untersuchungen, daß bei beiden Gruppen die Werte beim Auf-der-Stelle-Treten niedriger liegen. Es scheint die Erkenntnis von JUNGSMANN und STEIN (21) zuzutreffen, daß sich die Probanden im eiskalten Wasser schneller und mit vermehrter Muskelanspannung bewegen, was eine beschleunigte Atmung zur Folge hat. Schon der Kaltreiz allein bewirkt nach GÖPFERT (9) eine reflektorische Muskeltonuserhöhung, die nach und nach "zentralisiert", d.h. auch die Atemmuskulatur erfaßt.

f) Blutdruck :

Der systolische Blutdruck steigt beim Wassertreten auf Werte,

die jenen bei 50 Watt Ergometerarbeit entsprechen. Wir maßen für die Infarktgruppe einen Anstieg um 17 mmHg (12,9%) und für die Vergleichsgruppe um 20 mmHg (16%). Diese Werte lassen sich am ehesten mit dem Cold pressure-Test (35) vergleichen. Dort kommt es zu einem Anstieg des systolischen Blutdrucks um 10 bis 20 mmHg bei gesunden Personen. Bei einem Armbad von 14°C beobachtet ENGLER-HAMM (5) einen Anstieg um nur 3,66 mmHg. JUNGMAHN (18) beschreibt bei der Kälteeinwirkung auf einen nicht abgehärteten Probanden einen Anstieg um 13% des Ausgangswertes.

Betrachtet man den diastolischen Blutdruck, so fällt wiederum auf, daß die Belastungsgrößen stark erhöht sind. Es werden Werte erreicht, die über denen bei 50 Watt der Ergometrie liegen. Der Anstieg um 6 mmHg bei der Infarktgruppe entspricht 6,9%, derjenige um 8 mmHg bei der Vergleichsgruppe 9,4%. Der von ENGLER-HAMM (5) beim Armbad beobachtete Anstieg um 4,69 mmHg und die 18-prozentige Steigerung in den Untersuchungen von JUNGMAHN (18) liegen jeweils höher als bei den systolischen Werten. Ein geringer Anstieg des systolischen Blutdrucks und der kräftige Anstieg des diastolischen Wertes werden als optimale Reaktion auf einen örtlichen Kaltreiz bezeichnet. Wir nehmen an, daß der stärkere Anstieg des systolischen Blutdrucks bei unseren Probanden auf die Tretbewegung zurückzuführen ist. Es ist eine bekannte Tatsache, daß der systolische Wert auf körperliche Arbeit stärker anspricht als der diastolische (37). Nach dem Wassertreten sehen wir ein rasches Zurückgehen des systolischen Drucks auf den Ausgangswert, den er in der 3. und 5. Erholungsminute sogar unterschreitet. Der diastolische Wert bleibt erhöht (um 2 mmHg bei den Infarktpatienten, um 1 mmHg bei der Vergleichsgruppe). Da für das Blutangebot an die Herzkranzgefäße nicht der systolische Druck, sondern der Druck an den Koronarostien während der Diastole maßgebend ist (40), ist dieses Ergebnis gerade für die Infarktpatienten sehr wünschenswert. Der Mitteldruckbelastungswert zeigt erneut Übereinstimmung mit der Größe bei 50 Watt der Ergometrie.

g) Zusätzliche Größen:

Der HMV-Äquivalentwert erreicht eine Höhe, die zwischen 25 und 50 Watt der Fahrradergometrie liegt. In der 3. und 5. Erholungsminute ist das Minutenvolumen bei beiden Gruppen deutlich herab-

gesetzt, was durch die Verringerung der Blutdruckamplitude erklärbar ist. Auch JUNGMAN (19) beobachtet während kühler Bäder eine durchschnittliche Abnahme des Minutenvolumens um 20% unter Verkleinerung des Schlagvolumens.

Nach demselben Autor (18) kommt es bei einem Kaltreiz innerhalb von Sekunden zu einer Vasokonstriktion in der Haut und den Akren der Extremitäten, zu einem Anwachsen von arterieller und venöser Tonizität, zu einer Intensivierung der Dikrotie der arteriellen Pulse und zu einer Abnahme der Pulsfrequenz. Wir dagegen beobachten während des Wassertretens eine Abnahme des peripheren Widerstandes, eine Abschwächung der Dikrotie und eine Steigerung der Herzfrequenz. Nur die Erhöhung der Blutdruckwerte stimmt mit der Annahme der gesteigerten arteriellen Tonizität überein. Die Abnahme von W_p , die zwischen derjenigen bei 25 und bei 50 Watt liegt, ist auf den Bewegungsreiz zurückzuführen. In der Erholungsphase sehen wir einen deutlich höheren peripheren Gesamtwiderstand als bei der Ergometrie. Die Werte liegen über dem Ausgangswert. Trotz der, aufgrund der beobachteten reaktiven Hyperämie angenommenen, Vasodilatation, die im Einklang mit der Verlangsamung der Pulsweite und der Verstärkung der Dikrotie steht, findet der erhöhte periphere Widerstand seine Erklärung im Ansteigen des diastolischen Blutdrucks und der Volumenverschiebung nach der venösen Seite.

3. Versuch einer Definition der beim Wassertreten erbrachten Herz- Kreislaufleistung in Watt :

Stellt man in einer Tabelle die Belastungswerte beim Wassertreten und bei 50 Watt Ergometerleistung gegenüber, so wird die Ähnlichkeit der Werte ersichtlich. Man kann daher die körperliche Anstrengung während einer Runde Wassertreten (Dauer 51,4 sec) mit einer Leistung von 50 Watt auf dem Fahrradergometer vergleichen. Lediglich die Pulsfrequenz liegt niedriger als bei der Ergometrie. Es stellt sich die Frage, ob es sich nicht doch gemessen an der Belastung- um eine relative Kältebradykardie handelt, obwohl ein Frequenzanstieg gegenüber dem Ruhewert zu beobachten ist.

Tabelle 25 : Gegenüberstellung der Werte beim Wassertreten und bei 50 Watt Ergometerleistung :

	Wassertreten		Ergometer 50 Watt	
	Gruppe 1 (n = 44)	Gruppe 2 (n = 52)	Gruppe 1 (n = 60)	Gruppe 2 (n = 56)
Pulsfrequenz [min ⁻¹]	85,3	87,8	93,2	93,5
Pulswellenver- zögerung [0,...sec]	21,3	22,5	22,2	22,0
Atemfrequenz [min ⁻¹]	26,9	25,6	23,7	24,6
RR syst. [mmHg]	149,2	145,3	152	151
RR diast. [mmHg]	92,7	93,2	92	92,3
HMV-Äquiva- lentwert	4307,0	4135,7	4944,6	4908,6
W _p	0,0259	0,0267	0,0227	0,0226

4. Kann das Wassertreten in der Rehabilitation Herzkranker risikolos in den Therapieplan aufgenommen werden ?

Eine exakte Dosierung der Belastung beim Wassertreten erscheint uns nicht möglich. Ebensowenig halten wir diese Anwendung für genau reproduzierbar. Insofern ist das Wassertreten als gezieltes, genau definiertes Training nicht einsetzbar.

Bei zwei Patienten, die freiwillig jeden Tag Wasser traten, konnten wir keinen Unterschied im Verhalten der Parameter zu den anderen Probanden feststellen. Eine Gewöhnung und Abhärtung scheint im Gegensatz zu den Beobachtungen von DIENZ (3) beim Cold pressure-Test nicht einzutreten.

Die Wirkung der Kaltwasseranwendungen beruht auf dem Prinzip der Gegenregulation, d.h. nach einer durch Kältewirkung erfolgten lokalen Gefäßkontraktion kommt es zu einer sekundären Erweiterung mit einer reaktiven Hyperämie. Dieser Effekt ist nach HALHUBER (11) ein ausgezeichnetes Gefäßtraining und kann als "Aderlaß in die Peripherie" (sog. Ableitung in die Haut nach KNEIPP) zur Entlastung der Herz-Kreislaufarbeit beitragen. Eine kältebedingte Konstriktion der Koronararterien konnten wir durch unsere indirekten Parameter nicht nachweisen. Die Infarktpatienten reagierten auch bei dieser Unter-

suchung nicht wesentlich anders als die Vergleichsgruppe. So können wir STEIN (42) zustimmen, der schreibt : "Kältereize, die lokal an den Extremitäten appliziert werden, sind für das Herz des Infarktpatienten weniger belastend als allgemein angenommen." Auch seine telemetrischen Untersuchungen beim Waten im Ostseewasser (42) haben ergeben, daß diese Einflüsse auf das Herz geringer sind als tägliche körperliche Belastungen wie Treppensteigen usw.. In diesem Zusammenhang sei auch auf eine Statistik von TEICHMANN (45) hingewiesen, der bei über 12000 Kurpatienten bei 61 kardio-angiologischen Zwischenfällen bei hydrotherapeutischen Anwendungen niemals einen Kaltreiz als Ursache beobachtete.

Uns erscheint demnach das Wassertreten für jenen Personenkreis als Therapeutikum geeignet, bei dem sowohl Kälteanwendungen als auch eine Bewegungstherapie indiziert sind. Ein durchgemachter Herzinfarkt stellt unserer Meinung nach keine Kontraindikation, wohl aber einen Appell an erhöhte Vorsicht dar.

V. VERGLEICH DER VIER BELASTUNGSFORMEN :

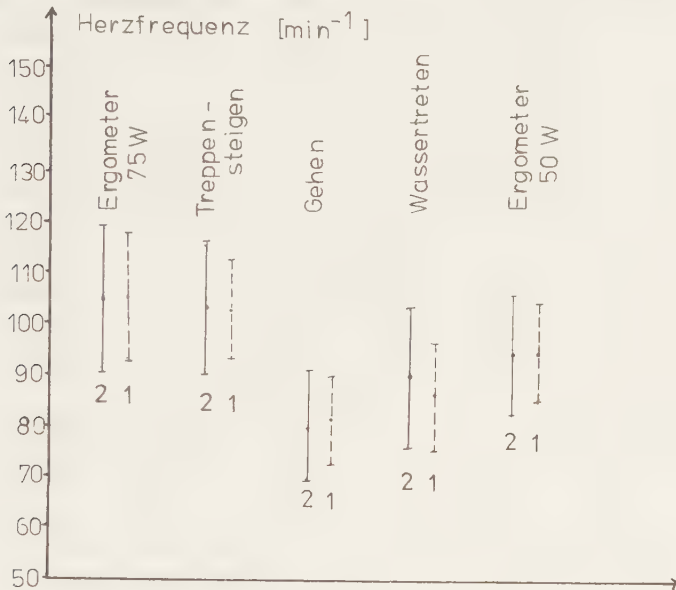


Abb. 45 : Die maximal erreichten Herzfrequenzen [min^{-1}] und ihre Streubreiten bei den verschiedenen Belastungen

Abschließend sollen noch kurz die vier Belastungen verglichen werden. Dazu wurden in Abbildung 45 die maximal erreichten Herzfrequenzen und ihre Streubreiten für die beiden Gruppen aufgezeichnet. Ein Mehrfachvergleich der anderen Meßgrößen wurde nicht vorgenommen, da diese sich entweder nicht während aller Belastungen ermitteln ließen (RR) oder zu wenig aussagekräftig erscheinen (Atmung, Volumenpuls). Nimmt man die Herzfrequenz als einen relativ verlässlichen Maßstab für die Gesamtbelastung des Organismus (14), so zeigt sich folgendes Bild : Das Treppensteigen stellt in etwa dieselbe Belastung wie die Ergometrie bei 75 Watt dar. Wassertreten und Ergometrie bei 50 Watt entsprechen einander. Das Gehen auf ebener Strecke ist bei weitem nicht so anstrengend wie die übrigen Belastungen. Auffallend ist die Übereinstimmung zwischen den beiden Kollektiven. Betrachtet man ausschließlich die Herzfrequenz, so er-

mittelt man für beide Gruppen dieselben Wattstufen. Eine zusätzliche Betrachtung vor allem der Rhythmusstörungen und der Ischämiereaktion im EKG ist deshalb unbedingt vonnöten.

ZUSAMMENFASSUNG :

1. Im Frühjahr 1975 wurden an der Kurklinik für Innere Krankheiten (Chefarzt Dr. W. Teichmann) in Bad Wörishofen 29 männliche Patienten im Alter von 48 bis 60 Jahren telemetrisch untersucht. Es handelte sich um 15 Infarktpatienten, deren Herzinfarkt durchschnittlich 18,5 Monate zurücklag und eine Vergleichsgruppe mit 14 Probanden, die keinen Infarkt in der Anamnese aufwiesen.
2. Es wurden viermal während der Kur folgende Belastungsuntersuchungen durchgeführt:
 - a) Treppensteigen über 2 Stockwerke;
 - b) 195 m Gehen auf ebener Strecke;
 - c) eine Runde Wassertreten;
 - d) stufenweise Ergometerbelastung bei 25, 50 und 75 Watt;
3. Registriert wurden : EKG, Atmung, peripherer Volumenpuls und Blutdruck. Die Ergebnisse beim Treppensteigen, Gehen und Wassertreten wurden mit denen bei der Ergometrie verglichen.
4. Beim Treppensteigen wiesen die Befunde von Atmung, Volumenpuls und Herzfrequenz auf eine biologische Leistung hin, die derjenigen von 75 Watt der Ergometrie entspricht. Der steile Frequenzanstieg führte bei den Infarktpatienten zu vermehrtem Auftreten von ST-Senkungen. Eine exakte Dosierung und ein Einsetzen des Treppensteigens als Therapeutikum scheint bei Beachtung bestimmter Vorsichtsmaßnahmen möglich.
5. Die Werte der Herz- und Atemfrequenz beim Gehen mit einem Tempo von 80 Schritten pro Minute werden bei 25 Watt auf dem Ergometer erreicht. Durch Gehen auf ebener Strecke kann kein therapeutischer, kardiovaskulärer Effekt erzielt werden. Es wird das Gehen mit Steigungen empfohlen.

6. Beim Wassertreten kommen die Größen der Herzfrequenz, der Pulswellenverzögerung, der Atemfrequenz, des Blutdrucks wie auch der HMV-Äquivalentwert und der geschätzte periphere Gesamtwiderstand den Befunden bei einer Fahrradergometerleistung von 50 Watt nahe. Eine exakte Dosierung und damit ein gezielter Einsatz als Training erscheint nicht möglich. Jedoch stellt in unseren Augen ein durchgemachter Herzinfarkt keine Kontraindikation für das Wassertreten dar.
7. Ein deutlicher Unterschied zwischen der Gruppe der Infarktpatienten und der Vergleichsgruppe ergab sich bei keiner Belastung.

- 13 Hildebrandt, G. Therapeutische Zeitordnung und Kur-
erfolg
Zschr. für angewandte Bäder- und Kli-
maheilkunde 19 1972
- 14 Hille, H. et al. Das Verhalten der Herzfrequenz beim
Gehen im freien Gelände im Vergleich
zur Arbeit auf dem Ergometer
Zschr. für Kreislaufforschung 11
Band 60 1971 958-969
- 15 Hollmann Beurteilung der Leistungsfähigkeit
und Belastbarkeit von Kurpatienten
Zschr. für phys. Medizin 1,1 1970
- 16 Hüllemann, K.-D. Telemetrische Trainingsüberwachung
bei Herzinfarktpatienten
Ärztliche Praxis XXI 96 1969 5416
- 17 Jensen, Ch. Telemetrische EKG-Untersuchungen
beim Baden im Wasser von 25°C (Hal-
lenschwimmbad), von 14-20°C (Ostsee)
und bei Ergometerbelastung
Inauguraldissertation Hamburg 1973
- 18 Jungmann, H. Bioclimatology - The Phemenon of
Acclimatisation
Das Medizinische Prisma 6 1972
- 19 Jungmann, H. Der Kreislauf in kühlen, indifferen-
ten und heißen Bädern
Zschr. für angewandte Bäder- und Kli-
maheilkunde 11 1964 138
- 20 Jungmann, H. Einfluß des Lebensalters auf die Wir-
kung balneologischer Maßnahmen
Zschr. für angewandte Bäder- und Kli-
maheilkunde 16 1969 163
- 21 Jungmann, H. und Telemetrische EKG-Untersuchungen bei
Stein, G. Infarktpatienten unter Kältebelastung
Der Praktische Arzt 6 1973
- 22 Kainzinger, W. Telemetrische Untersuchungen beim
Treppensteigen, Gehen, Wassertreten
und bei der Ergometrie im Kurlängs-
schnitt in Bad Wörishofen
Inauguraldissertation München (unver-
öffentlicht)
- 23 Kaltenbach, M. Die Belastungsuntersuchung von Herz-
kranken
Studienreihe Boehringer Mannheim 1974
- 24 Klepzig, H. Herz- und Gefäßkrankheiten
Thieme Stuttgart 1968
- 25 - Kneipp Vademecum pro Medico
Bad Wörishofen 1974

- 26 Köhler, J.A. und
Lang, E. Telemetrische Elektrokardiographie
im Rahmen der Rehabilitation von
Herzpatienten
erschieden in "Biotelemetrie" Hrsg.
L. Demling und K. Bachmann Thieme
Stuttgart 1970
- 27 Lang, E. Persönliche Mitteilung vom 7.4.1976
- 28 Mellerowicz, H. Ergometrie
Urban & Schwarzenberg München-Ber-
lin 1962
- 29 Milz, H.P. Bewegungstherapie als Strukturprin-
zip einer modernen Herz-Kreislauf-
Klinik
Archiv für Phys. Therapie 22 1970 93ff
- 30 Schader, B. Persönliche Mitteilung vom 7.1.1976
- 31 Schaub, F.A. Grundriß der klinischen Elektrokar-
diographie
Hrsg. Ciba-Geigy AG Basel 1965
- 32 Schmidt, F.-L. Bewegungstherapie bei Koronarkranken
Med. Klinik 64 1969 Nr.46 2139ff
- 33 Schneider, U. und
v. Bornhaupt, O. Kneipp-Güsse und Atmung
erschieden in "Experimentelle Beiträ-
ge zur Kneipp-Therapie" Bad Wöris-
hofen 1955
- 34 Schöpl-Sedlaczek et al. Ergometrische Verlaufsbeobachtung an
Infarktpatienten und Patienten mit
erhöhtem Blutdruck während der Kur
in einer Rehabilitationsklinik
Zschr. für phys. Medizin 5 1970
- 35 Siegenthaler Klinische Pathophysiologie
Thieme Stuttgart 1973
- 36 So, C.S. Praktische Elektrokardiographie
Selecta-Verlag Planegg 1974
- 37 Stegemann, J. Arbeitsphysiologie
erschieden in "Kurzgefaßtes Lehrbuch
der Physiologie" Hrsg. W. Keidel
Thieme Stuttgart 1970
- 38 Stein, G. Belastbarkeit des Infarktpatienten
Med. Klinik 67 1972 Nr.24 836-841
- 39 Stein, G. Dosierung bei der Bewegungstherapie
im Gelände
Zschr. Krankengymnastik 47-50 1974
- 40 Stein, G. Frührehabilitation nach Herzinfarkt
Der Kassenarzt 12 1972
- 41 Stein, G. Vergleichende telemetrische Untersu-
chungen an Herzinfarktpatienten beim
Schwimmen, Gehen und Laufen
Zschr. phys. Medizin 1 1975 15-22

- 42 Stein, G., Jungmann, H. Kälteanwendungen in der Frührehabilitation von Infarktpatienten
Gadernann, E. Verhandl. Dtsch. Ges. Kreislaufforschung Band 37 1971 477-480
- 43 Stein, G., Matej, M., EKG-Untersuchungen an Infarkt-rehabilitanden in der Sauna
Münker Zschr. für Physiotherapie 5 1973
- 44 Stolz, I., Israel, S. Möglichkeiten und Grenzen der EKG-Telemetrie
Med. Sport Berlin 4, 113 1968
- 45 Teichmann, W. Unerwünschte Herz- und Kreislaufwirkungen in der Hydrotherapie
Zschr. für angewandte Bäder- und Klimakurkunde 13 1966 583
- 46 Ullrich, G.J. Zur Technik der Biotelemetrie
erschienen in "Biotelemetrie" Hrsg. L. Demling und K. Bachmann Thieme Stuttgart 1970
- 47 Vogel, P.A. Probleme der Meßwertgewinnung und Elektrodentechnik
erschienen in "Biotelemetrie" Hrsg. L. Demling und K. Bachmann Thieme Stuttgart 1970
- 48 Völker, R. Herz- und Gefäßkrankheiten - Neue Wege einer funktionellen Differentialdiagnostik
Kreislaufbücherei Band 16
Verlag Dr. D. Steinkopff Darmstadt 1957
- 49 Wülfing, R. Vergleichende telemetrische EKG-Untersuchungen beim Baden im Wasser von 25°C (Hallenbad), von 12-20°C (Ostsee) und bei Ergometerbelastung
Inauguraldissertation Hamburg 1973
- 50 Zölch, K.A. und Bachmann, K. EKG-Telemetrie bei Rhythmusstörungen des Herzens
erschienen in "Biotelemetrie" Hrsg. L. Demling und K. Bachmann Thieme Stuttgart 1970

DANKSAGUNG

Für die Überlassung des Themas und die Unterstützung bei der Planung und Auswertung der Untersuchungen möchte ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. H. Drexel herzlich danken. Ebenso schulde ich Herrn Dipl.-Phys. K. Dirnagl und Herrn Dipl.-Phys. J. Kleinschmidt Dank für die Hilfe bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse.

Zu ganz besonderem Dank verpflichtet bin ich Herrn Dr. med. W. Teichmann, der mir bei der praktischen Durchführung der Untersuchungen in Bad Wörishofen jederzeit hilfreich zur Seite stand.

LEBENS LAUF

Am 14.7.1952 wurde ich in München als Tochter des Facharztes für Chirurgie Dr. Alfred Pronnet und seiner Ehefrau Annelis, geb. Jaeckel, geboren. Ab 1958 besuchte ich die Volksschule am Dom-Pedro-Platz. Im September 1962 trat ich in das Städtische Louise Schröder-Gymnasium (neusprachlicher Zweig) über. 1971 legte ich dort meine Reifeprüfung ab. Im Wintersemester 1971/72 begann ich mein Studium der Humanmedizin an der Ludwig Maximilians-Universität München, das ich im Oktober 1977 mit dem 3.Teil des Staatsexamens nach der Approbationsordnung abschließen werde.

Dissertationsdruck
GmbH & Co. KG.

M. SCHADEL

86 Bamberg · Hohe-Kreuz-Str. 9b · Tel. 0951/5 44 14